

## **"DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO".**

Refere-se o presente relatório técnico a uma patente de invenção que descreve um DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO, de amplo uso na agricultura.

5 O preparo do solo ou o cultivo de plantas na presença de restos culturais depositados na superfície do solo (palhada) exigem uma ferramenta para o corte deste material vegetal. Do contrário, a palhada pode ser interceptada pelas ferramentas de mobilização do solo, onde se acumulam, causando o que se conhece, vulgarmente, no  
10 meio agrícola pelo nome de embuchamento.

O acúmulo de restos vegetais nas ferramentas agrícolas de mobilização de solo, chamado de embuchamento, pode dificultar ou mesmo impedir a atuação destas ferramentas. As consequências do embuchamento, como preparo ou cultivo inadequado, semeio e  
15 deposição de fertilizantes em profundidade incorretas, resultam em uma baixa qualidade da operação mecanizada, com conseqüente prejuízo financeiro para o agricultor.

Hoje, o disco de corte de rolamento, também denominado de disco de corte passivo ou de disco segador, é a única ferramenta,  
20 utilizada em máquinas e implementos agrícolas, que tem a função de cortar a palhada, permitindo que as ferramentas de mobilização de solo trabalhem livremente.

Os primeiros implementos a utilizarem os discos segadores foram os arados de aivecas e, segundo KEPNER et al. (1978), eles  
25 foram empregados para ajudar o corte da leiva e para cortar a palhada existente sobre o solo, que de outra forma poderia acumular-se nas ferramentas ou colunas do implemento causando embuchamentos.

O disco de corte passivo é uma ferramenta confeccionada em metal temperado, constituída de uma única peça, de formato circular, com espessura muito menor que o diâmetro e pivotada em seu centro.

Esta ferramenta está presente, na atualidade, em vários implementos agrícolas, como arados de aivecas, escarificadores, subsoladores e cultivadores, bem como nas máquinas de plantio direto.

O disco de corte de rolamento dentado de que trata este relatório é um tipo de disco segador diferente dos anteriormente propostos e que apresenta vantagens, em relação àqueles, no que se refere à eficiência no trabalho de corte de restos vegetais depositado sobre o solo agrícola.

Os primeiros discos de corte de rolamento (disc coulter), apresentavam uma geometria de borda lisa e foram desenvolvidos há mais de 40 anos, para serem utilizados em arados de aivecas.

Desde então foram desenvolvidos outros tipos de geometria de borda para discos de corte de rolamento, de forma que, na atualidade, existem no mundo quatro tipos distintos de disco segador, a saber: liso, recortado, ondulado e estriado. A FIGURA 01 ilustra os formatos de bordas de discos de corte de rolamento existentes, hoje, no mercado internacional. Na ilustração A, temos um disco com borda lisa, na B, observamos um disco com borda recortada, na C, borda estriada e finalmente na D, temos um disco com borda ondulada.

O uso destes discos tornou-se, mais recentemente, imprescindível com o advento das técnicas de "plantio direto" e do cultivo mínimo de diversas culturas, em várias regiões do globo terrestre.

Nestes casos, o solo recebe a semente ou algum tratamento de mobilização, mas o material, constituído de restos vegetais,

depositados sobre o mesmo, na maioria das vezes, precisa ser mantido inalterado.

O disco de corte de rolamento é, na atualidade, a única ferramenta disponível para cortar palhadas e permitir que o solo seja trabalhado por implementos e máquinas agrícolas, sem que estes restos culturais sejam incorporados ou causem problemas de embuchamentos nos equipamentos.

Para CHOI e HERBACH (1986) as relações entre as condições de solo criadas pelo não preparo (sem mobilização), a presença de resíduos na superfície e a operação de discos de corte, ainda não são bem entendidas.

Quando o solo está seco e duro, a penetração do disco de corte pode ser inadequada; quando o solo está úmido ou solto o disco de corte tende a empurrar o resíduo vegetal para dentro do solo, sem corta-lo.

Segundo WELLS et al. (1980) discos de corte de rolamento passivo de várias formas são muito comuns implementando máquinas de "plantio direto" e podem requerer peso extra em seu chassi para obter penetração dos discos de corte, quando trabalham em solo sem preparo. MORRISON Jr. et al. (1996) afirmam que em preparos conservacionistas e especialmente para "plantio direto", onde o solo não é mobilizado antes do semeio, a resistência do solo pode ser muito maior que em condições de semeio com preparo convencional.

Tal aumento da resistência do solo pode refletir no aumento da força de tração e penetração vertical nos dispositivos de corte e abertura de sulcos da semeadora.

KUSHWAHA et al. (1983) relatam que testes realizados com semeadoras têm indicado que sobre grande quantidade de restos vegetais o disco de abertura de sulco era incapaz de cortar a camada

de palha, resultando na deposição das sementes em meio aos restos vegetais ou na superfície do solo.

Quando a quantidade de palha era pequena e o solo estava macio, ela era empurrada para o fundo do sulco sem ser cortada.

5 Apesar dos discos de corte de rolamento serem muito importantes no sistema de cultivo mínimo e "plantio direto", segundo TICE e HENDRICK (1992), a compreensão de suas interações com o solo é, ainda, limitada.

10 A espessura e o ângulo de cunha influenciam as forças atuantes no disco de corte de rolamento e na relação entre suas velocidades de rotação e translação. Um melhor entendimento destes efeitos é necessário para assegurar que discos de corte de rolamento possam ser desenhados e implementados para uma máxima eficiência.

15 Na verdade, o disco de corte de rolamento com as geometrias de borda existentes no mercado não estão atendendo às necessidades dos agricultores, pois quando o solo é coeso e com umidade baixa há dificuldade para o disco de corte passivo penetrá-lo.

20 Quando isto ocorre, o disco não gira de forma adequada, resultando em corte deficiente da palhada, principalmente quando sua densidade ou resistência ao corte for elevada. No entanto, se forem aplicados valores de cargas normais elevados, o disco desempenhará sua função satisfatoriamente.

25 Quando o solo está molhado, próximo da capacidade de campo, ou é pouco coesivo, o disco tem facilidade de penetrar em seu perfil, não necessitando de grande carga normal. No entanto, ele não oferece resistência suficiente para servir de anteparo ao corte da palhada. Assim, quando a quantidade de palhada é elevada, o corte do disco se mostra também deficiente, permitindo, inclusive, que parte deste material não cortado seja introduzido no solo.

Em ambos os casos, sendo deficiente o corte, o trabalho da ferramenta de abertura de sulcos, que vem logo atrás do disco de corte passivo, fica prejudicado. A palhada não cortada se acumula na frente da ferramenta, obrigando a interrupção da operação para retirada do material. Assim, o desempenho do equipamento é baixo, dada a necessidade de constantes interrupções para desembuchamentos, além de produzir um trabalho irregular e de baixa qualidade.

Outro problema existente, que também está relacionado com a interação solo-disco, é a relação entre as velocidades periférica e de translação do disco. Quanto menor esta relação, maior será a possibilidade de acúmulo do palhicho na frente do disco, que em vez de corta-lo o empurra para frente.

O disco de corte dentado passivo é concebido a partir de três linhas básicas, uma representando a superfície do solo (**SS**), outra a superfície da palhada (**SP**) e a última representando a profundidade de penetração do dente do disco no solo (fundo do sulco - **FS**), como pode ser observado na FIGURA 02, que apresenta uma esquematização da geometria do disco de corte dentado.

Duas circunferências são descritas, com centro no mesmo ponto, uma tangente à superfície do solo, definida pelo raio interno (**R<sub>i</sub>**) e a outra, maior, tangente ao fundo do sulco, definida pelo raio do disco (**R**). A circunferência maior dá origem ao círculo de topo dos dentes (circunferência externa do disco) e a de menor diâmetro dá origem ao círculo de pé dos dentes.

A partir do centro das circunferências traça-se, então, dois segmentos de reta: o primeiro,  $\overline{ob}$  que vai até o ponto "b", na interseção da circunferência maior com a linha que define a superfície da palhada (**SP**) e; o segundo  $\overline{oc}$  que vai até o ponto "c", na

interseção da circunferência menor com a linha que define a superfície da palhada (**SP**). No segmento de reta  $\overline{ob}$ , define-se o ponto "a" localizado na interseção deste segmento com a circunferência interna, dando origem ao segmento  $\overline{ab}$ . Na linha que define a superfície da palha define-se, também, o segmento  $\overline{bc}$ , entre as circunferências interna e externa.

A descrição destes segmentos torna possível delimitar o dente do disco de corte passivo, que é circunscrito pelos segmentos de retas  $\overline{ab}$  e  $\overline{bc}$ . O arco  $\overline{ac}$  sobre a circunferência interna define a base do dente.

Uma vez determinado os contornos do disco e de seus dentes, torna-se possível definir alguns ângulos e algumas dimensões para efeito construtivo. A altura da camada teórica da palhada está representada por "h", a profundidade de operação do disco por "p" e os raios interno e externo do disco dentado por "Ri" e "R" respectivamente. Todas as outras dimensões do disco de corte dentado, apresentadas na FIGURA 02, são definidas em função destas quatro dimensões básicas, conforme as Equações 1 a 7.

Entre os seguimentos  $\overline{ab}$  e  $\overline{bc}$  forma-se o ângulo da ponta do dente que é denominado de epsílon, "ε", FIGURA 02. Este ângulo determina que a borda cortante do dente, segmento  $\overline{bc}$ , atinja a superfície da palha de forma paralela. O ângulo da ponta do dente, denominado de Epsílon, é obtido, em função de "p", "h" e "R" como se segue:

$$\varepsilon = a \sin \left[ 1 - \left( \frac{p+h}{R} \right) \right] \quad [1]$$

O segmento  $\overline{ab}$  tem a mesma dimensão da profundidade de trabalho do disco dentado "p":

$$\overline{ab} = p \quad [2]$$

O ângulo " $\tau$ " formado entre a perpendicular do centro do disco e o segmento de reta que parte da origem e vai até o ponto de intercessão do círculo interno do disco com a linha da superfície da palhada, neste caso representada pelo segmento  $\overline{oc}$ , é obtido pela expressão:

$$\tau = a \cos \left[ 1 - \left( \frac{h}{R - p} \right) \right] \quad [3]$$

O ângulo " $\eta$ " formado entre os seguimentos de retas  $\overline{ob}$  e  $\overline{oc}$  é expresso por:

$$\eta = \frac{\pi}{2} - (\varepsilon + \tau) \quad [4]$$

Este ângulo é definido, em função do número de dentes "**Nd**", pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{\pi}{Nd} \quad [5]$$

O segmento de reta  $\overline{bc}$ , define a extensão da borda cortante do dente do disco e é definido pela expressão:

$$\overline{bc} = [R \times \cos(\varepsilon)] - [(R - p) \times \sin(\tau)] \quad [6]$$

O raio interno do disco é definido pela expressão:

$$Ri = R - p \quad [7]$$

As dimensões construtivas do disco de corte dentado são, então, definidas por meio de cálculos, utilizando-se das Equações 1 a 7, considerando-se como variáveis a profundidade de trabalho "**p**", a altura da camada do palhiço "**h**", o número de dentes "**Nd**" e o raio externo do disco "**R**".

A construção física do disco dentado de corte de rolamento, uma vez definida as suas dimensões, é realizada a partir de discos de bordas lisas, com espessura de 4 a 6 mm, sem tratamento térmico e com diâmetro igual ao diâmetro externo do disco dentado projetado.

Após os recortes do disco liso, dando origem aos dentes, é realizado o afiamento dos segmentos  $\overline{bc}$  e  $\overline{ce}$ , que definem, respectivamente, a borda cortante e o vão do dente. Este afiamento é realizado em forma de cunha, com um ângulo de 25° a 30°.

5 O disco de corte dentado passivo trabalha parcialmente introduzido no solo e ao ser tracionado gira graças à sua interação com ele, uma vez que é pivotado em seu centro.

A borda cortante do dente toca, simultaneamente, toda sua extensão na superfície da palhada, no momento do contato, devido à  
10 imposição construtiva determinada pelo ângulo "ε" da ponta do dente.

Este ângulo foi concebido exatamente para garantir a existência deste paralelismo, ou seja, no momento do contato o gume da borda cortante do dente apresenta um ângulo oblíquo igual a 0° (define-se, neste caso, por ângulo oblíquo o ângulo formado entre o  
15 seguimento  $\overline{bc}$  e a superfície do solo "SS").

Após a borda cortante do dente tocar a superfície da palhada, com a continuidade do movimento, o ponto "b" (FIGURA 02), que define a ponta do dente terá uma cota sempre inferior a do ponto "c", localizado na base do dente, assegurando que a porção de palhada  
20 aprisionada não tenha mais condições de fugir da ação cortante do dente do disco, pelo seu deslocamento horizontal.

Cada dente, juntamente com seu vão, prende uma determinada quantidade de palha e a conduz para baixo contra o solo. Em seguida, a palhada é comprimida e cortada pelo movimento  
25 de avanço do dente.

O movimento de rotação do disco permite que a borda cortante do dente, seguimento  $\overline{bc}$ , forme um ângulo oblíquo, em relação à superfície do solo, que cresce a partir de zero no momento em que ela toca a palhada até um valor máximo, igual a "τ" (FIGURA 02 ), no



instante em que ela completa a sua trajetória de penetração no solo. Desta forma, o disco de corte de rolamento dentado efetua o corte da palhada com um ângulo oblíquo.

O processo de corte da palhada, efetuado pelo disco dentado é denominado de composto, pois parte do material é cortado pela borda cortante do dente, representada pelo segmento  $\overline{bc}$ , e parte pelo arco que define o vão do dente, segmento  $\overline{ce}$  (FIGURA 02), que também sofreu afiamento. Vale ressaltar, aqui, que no momento em que o vão do dente estiver fazendo o corte, o dente anterior estará totalmente introduzido no solo e o dente posterior parcialmente, garantindo que a palhada aprisionada não tenha como se deslocar para frente.

O dente foi desenhado de forma que o seu flanco posterior, sem afiamento, atue como uma ferramenta estreita, produzindo um torque suficientemente grande para garantir o giro do disco. Ao girar, o disco efetua o corte da porção de palhada aprisionada pelo dente em trabalho efetivo de corte, sem a necessidade de aplicação de cargas normais elevadas sobre o disco.

O disco de corte de rolamento dentado apresenta algumas vantagens, em relação aos outros tipos de disco segadores existentes no mercado, que o tornam mais eficiente no corte de restos vegetais depositados sobre o solo.

O formato dentado do disco é uma destas vantagens, pois facilita sua introdução no solo, resultando em menor resistência à penetração, em relação aos discos convencionais, minimizando a carga normal (força vertical) a ser aplicada no disco. Desta forma, os discos dentados necessitam de menor carga normal, em relação aos outros discos, para efetuar seu trabalho de corte.

Outra vantagem associada ao formato dentado do disco é que os dentes apresentam geometria específica (definição do ângulo

epsílon), permitindo que o movimento do disco crie um ângulo obliquo, entre o gume do dente (borda cortante) e o solo, o que facilita a ação de corte, como relata PERSSON (1987). O resultado é uma redução significativa na força de corte, tornando o disco dentado  
5 mais efetivo no trabalho de corte da palhada.

Uma outra vantagem, apresentada por este novo tipo de disco, em relação aos anteriores, está relacionada ao deslocamento da palha durante o processo de corte. Os discos existentes no mercado conduzem a palhada para baixo e para frente, pelo seu movimento  
10 durante o processo de corte. Já no disco dentado, este movimento a vante é minimizado, pois o dente do disco aprisiona uma porção de palhada e a conduz contra o solo.

Assim, a porção de palhada aprisionada não tem como se mover e se acumular na frente do disco, como freqüentemente  
15 ocorrem na operação de corte com os outros discos. A palhada acumulada na frente do disco de corte exige mais desta ferramenta, que acaba não conseguindo executar sua tarefa, resultando em embuchamento.

Outra característica do disco dentado, que resulta em uma  
20 vantagem, em relação aos outros tipos de discos segadores, é que os flancos anteriores dos dentes atuam como ferramentas estreitas, produzindo um maior momento de giro do disco.

Este momento (torque) é suficientemente grande para garantir o giro do disco e efetuar o corte da porção de palhada aprisionada  
25 pelo dente em trabalho efetivo de corte. Assim, ele não necessita de cargas compressivas elevadas para efetuar o corte, como ocorrem nos outros tipos de discos de corte de rolamento.

A ação dos flancos anteriores dos dentes, também, promove reduções do valor do deslizamento do disco (relação entre a

velocidade periférica do disco e a velocidade de translação do seu eixo), evitando que a palhada se movimente e se acumule na frente do disco de corte, o que resulta em um corte contínuo, sem embuchamentos.

5 Por fim, o disco de corte de rolamento dentado apresenta, ainda, as seguintes vantagens, em relação aos outros discos de corte:

- Reduz a força horizontal necessária para tracionar o disco, pois a força de tração dos discos de corte é diretamente proporcional à carga compressiva (força normal);
- 10 - Consegue trabalhar em camadas de palhadas com espessuras elevadas (até 75 mm), com eficiência de corte superior aos outros tipos de discos existentes no mercado, pois é possível estipular, em nível de projeto, a altura da camada que o disco deve trabalhar.

15 O relatório descreve ainda um disco de corte dentado utilizado para cortar palhada (restos culturais depositados sobre o solo), que:

- Apresenta ângulo obliquo, formado entre a borda cortante do dente e o solo, durante o período efetivo de corte;
- Apresenta ângulo da ponta do dente (Epsilon), definido pela  
20 expressão a seguir, entre 20° e 50°:

$$\varepsilon = a \sin \left[ 1 - \left( \frac{p+h}{R} \right) \right], \text{ onde:}$$

p = profundidade adotada no projeto para o trabalho do disco;

h = altura de projeto para a camada da palhada;

25 R = raio externo do disco.

### **BIBLIOGRAFIA CITADA**

CHOI, C.H. & HERBACH, D.C. Cornstalk residue shearing by rolling coulter. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph. 29 (6): 1530-5, 1986.

KEPNER, R. A.; BAINER, Roy; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. 3<sup>a</sup> ed. Westport: Avi Publishing Company, 1978. 527p.

KUSHWAHA, R. L.; VAISHNAV, A. S.; ZOERB, G. C. Shear strength of wheat straw. **Canadian Agricultural Engineering**, 25(2): winter  
5 163-166, 1983.

MORRISON Jr., J.E.; HENDRICK III, J.G. and SCHAFER, R.L. Soil forces on coulter and disc-opener combinations. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, 39(2): 369-376, mar./apr.,1996.

PERSSON, S. **Mechanics of cutting plant material**. (ASAE  
10 monograph Number 7). St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1987.

TICE, E.M.; HENDRICK, J.G. Disc coulter operating characteristics. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, 35(1): 3-10, jan-feb. 1992.

WELLS, L.G.; SMITH, D.E.; HAMMETT, H.J.; THOMPSON, Jr. H.J.  
15 Ground driven powered tillage. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, 23(5): 1383-1387, nov-dec, 1980a.

## REIVINDICAÇÕES

1. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, do tipo que apresenta a borda do dente que toca simultaneamente toda sua extensão na superfície da palhada, no momento do contato, devido à imposição construtiva determinada pelo ângulo " $\varepsilon$ " da ponta do dente, caracterizado por apresentar um ângulo " $\varepsilon$ " concebido exatamente para garantir a existência deste paralelismo.

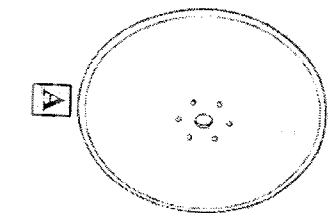
2. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por impedir a fuga da palhada da ação cortante do dente do disco, mediante a manutenção de uma cota do ponto "b" sempre inferior ao ponto "c", localizado na base do dente.

3. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, caracterizado por permitir que o disco de corte de rolamento dentado efetue o corte da palhada através de um ângulo oblíquo.

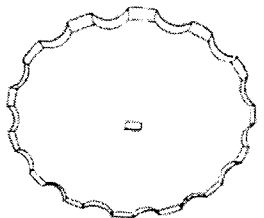
4. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, caracterizado por apresentar um dente capaz de gerar um torque adequado para assegurar o giro do disco.

5. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, caracterizado por dispensar a aplicação de cargas normais elevadas sobre o disco em seu trabalho de corte da palhada.

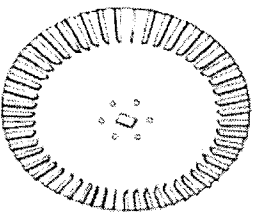
6. **DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO**, caracterizado por permitir sua eficácia em camadas de palhadas com espessuras comumente encontradas em plantio direto e em cultivo de cana-de-açúcar sem queima prévia a colheita, através da adoção, na fase de projeto, da altura da camada que o disco deve atuar.



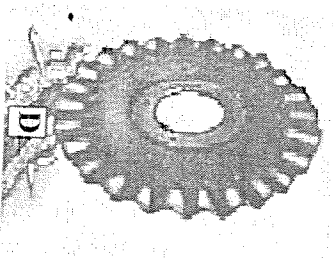
A



B



C



D

FIGURA 01

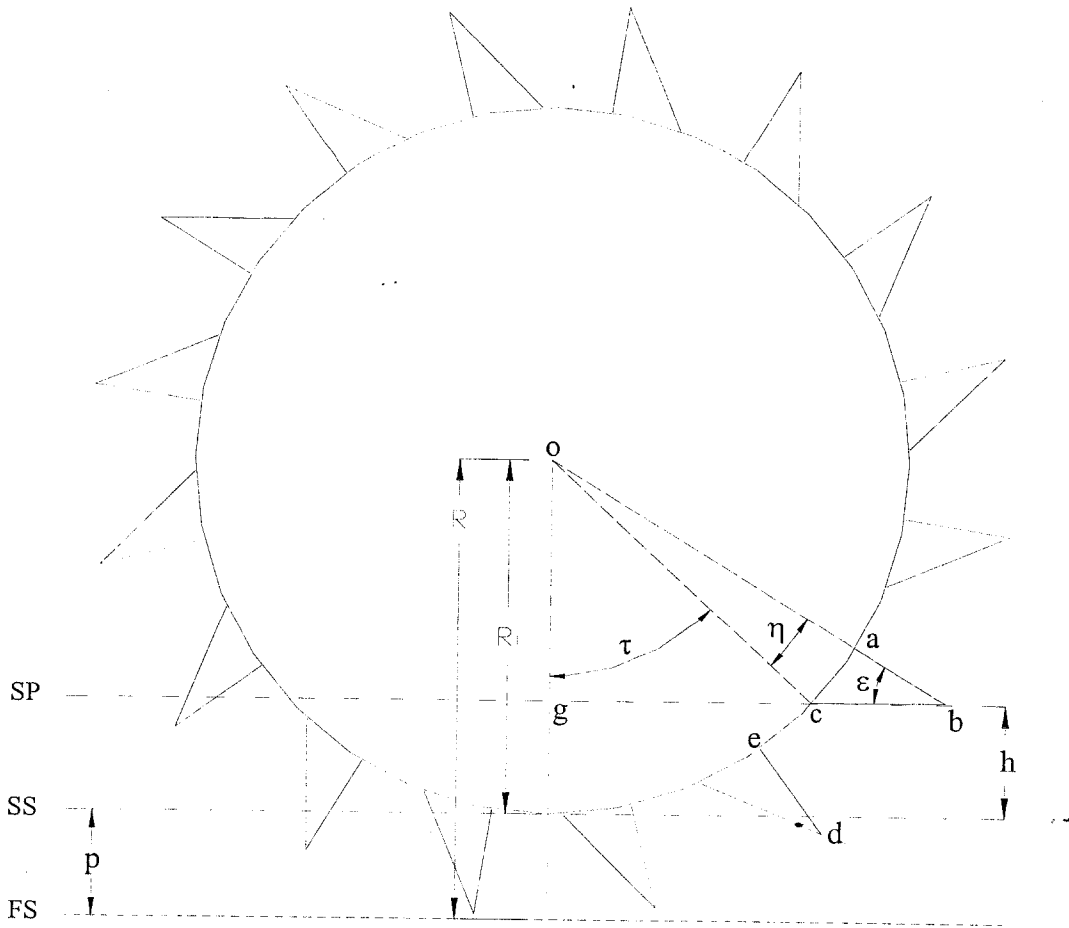


FIGURA 02

## RESUMO

### **"DISCO DE CORTE DENTADO PASSIVO".**

Que diverge dos atuais discos disponíveis por ser concebido a partir de três linhas básicas, sendo que uma representa a superfície do solo, a outra apresenta a superfície da palhada e a terceira representa a profundidade de penetração do dente do disco no solo (FIGURA 02). Após a determinação dos contornos do disco e de seus dentes, torna-se possível a definição de alguns ângulos e dimensões para efeito construtivo. Sua construção física, após a definição de suas dimensões é realizada a partir de discos de bordas lisas (FIGURA 01 – A), com espessura de 4 a 6 mm., sem tratamento térmico e com diâmetro igual ao diâmetro externo do disco dentado projetado. Disco que apresenta ângulo oblíquo, formado entre a borda cortante do dente e do solo, durante o período efetivo de corte e que apresenta ângulo da ponta do dente (Epsilon), definido por expressão matemática, entre 25° a 30°.