

CORTE DE BASE INERCIAL COM BAIXA VELOCIDADE DE AVANÇO DA COLHEDORA

BRAUNBECK, OSCAR A.¹

¹ Engenheiro Industrial, PhD Agricultural Engineering, Professor adjunto, FEAGRI – UNICAMP
oscar@agr.unicamp.br

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

RESUMO: O corte basal da cana-de-açúcar, realizado rente ao solo, requer do princípio de corte inercial. A velocidade alta da faca combinada com uma velocidade baixa de avanço da colhedora resulta em excessivo número de cortes por unidade de deslocamento, do que resulta o fenômeno de repicagem das soqueiras o qual está associado a perdas e ineficiência energética do corte de base. O mecanismo de corte de disco rígido com facas periféricas, mesmo com apenas uma faca, apresenta essa deficiência se a velocidade tangencial da faca é mantida acima de 20 ms⁻¹ e a velocidade de avanço inferior a 500 mh⁻¹. Neste trabalho é proposto um mecanismo articulado com movimento alternativo da faca que conserva o princípio de corte inercial, mas triplica o avanço da faca com relação ao disco rígido com uma faca. Um modelo vetorial dinâmico foi utilizado para as simulações, as quais mostram as trajetórias de avanço e retrocesso da ponta da faca com diferença de 100 mm no sentido de deslocamento e 40 mm na direção vertical. O mecanismo apresentou velocidades de corte variando entre 25 e 40 ms⁻¹ com velocidade de retorno próximas de 5 ms⁻¹. A trajetória da ponta da faca apresenta-se côncava no plano vertical o que reduz a interação da faca com o solo quando o terreno não se encontra adequadamente nivelado.

PALAVRAS-CHAVE: corte de base, mecanismos, cana-de-açúcar.

ABSTRACT: Base cutting of sugarcane is done at soil level using the impact cut principle. High knife velocity combined with low harvester ground speed result in excessive number of cuts per unit displacement. It means higher cane losses and low energy efficiency of the base cutting process. The disc type base cutter has this limitation when knife tangential velocity is kept over 20 ms⁻¹ and ground speed under 500 mh⁻¹. This work proposes a linkage driving a knife with oscillating motion performing impact cut with 1/3 the number of cut per unit motion of the conventional disc cutter. A vector model was developed to simulate knife trajectory. Simulation showed differences between forward and return knife trajectories of 100 mm in horizontal travel direction and 40 mm in the vertical direction. The linkage showed knife cutting velocities varying in the range of 25 to 40 ms⁻¹ together with return velocity of 5 ms⁻¹. The knife tip presented a concave trajectory in the vertical plane which is convenient to reduce knife-soil interaction when soil is not adequately leveled.

KEYWORDS: base cutter, linkage, sugarcane.

INTRODUÇÃO: Quando o corte da planta precisa ser realizado rente à superfície do solo não existe possibilidade de deslocamento da seção em fase corte o que inviabiliza o cisalhamento através de dupla faca. Surge como alternativa o princípio de corte inercial onde se utiliza apenas uma faca e a segunda força requerida para o cisalhamento dos caules surge predominantemente da reação inercial

da planta, a qual depende da massa da mesma e da aceleração a que é submetida ao ser atingida pela faca. O corte inercial demanda por tanto uma velocidade de deslocamento bastante elevada para viabilizar o processo de corte; valores entre 20 e 50 m/s são comuns em cortadoras de gramíneas tais como cana-de-açúcar, capim e grama. Essa velocidade é muito superior às praticadas no corte com dupla faca, como é o caso das barras de corte com movimento alternativo. No caso do corte inercial o deslocamento transversal da planta é muito reduzido já que o corte inicia-se no momento do primeiro contato da faca com a planta e acontece em tempo muito reduzido como consequência da alta velocidade de deslocamento da faca. O tempo de corte reduzido diminui também o deslocamento longitudinal que acontece durante o corte. A alta velocidade requerida pelo corte inercial se combinada com uma baixa velocidade de deslocamento do equipamento resulta em um avanço reduzido da faca o que provoca o fenômeno de repicagem, objeto de este trabalho. Atualmente os mecanismos de corte inercial utilizados em colhedoras estão compostos por facas dispostas no perímetro de um disco rotativo. No caso específico da cana-de-açúcar velocidades tangenciais na faixa de 20 a 25 ms⁻¹ processam adequadamente o corte inercial. Este trabalho teve por objetivo propor, dimensionar e simular um mecanismo de corte de base alternativo com menor número de impactos de corte por unidade de tempo, mantendo a velocidade da faca nos níveis requeridos pelo corte inercial. Os resultados desta pesquisa visam viabilizar o corte semi-mecanizado de cana-de-açúcar através de auxílio mecânico Braunbeck (2005).

MATERIAL E MÉTODOS: Facão acionado por mecanismo de barras articuladas. O mecanismo de barras articuladas representado na figura 1 sustenta a faca de corte no extremo “d” da barra R₄ e foi adotado como recurso alternativo para aumentar o avanço da faca de corte, mantendo a velocidade requerida pelo corte inercial. A barra “oa” opera com giro completo de 360 graus, acionada por um motor, no entanto que as peças “ab” e “bcd” oscilam em ângulos menores com movimento alternativo. O modelo proposto visa definir o comprimento das barras R₁, R₂, R₃ e R₄ assim como a posição relativa (D_x, D_y) entre as articulações fixas “o” e “c”.

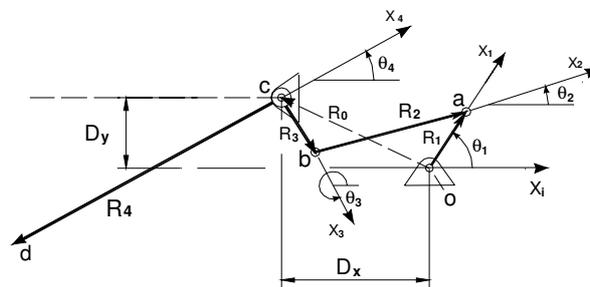


Figura 1: Mecanismo proposto e bases de referência utilizadas na modelagem

O mecanismo foi modelado vetorialmente visando simular seu desempenho cinemático e dinâmico através do modelo de Newton-Euler, Santos (2001). A cada peça do mecanismo foi fixada uma base local de coordenadas como ilustrado na figura 3, esta configuração faz com que os tensores de inércia das peças permaneçam constantes durante o movimento. As equações de 1 a 6 representam os equilíbrios dinâmicos de translação e rotação das peças. Os símbolos P_i , m_i , I_i e ω_i , correspondem respectivamente ao peso, massa, tensor de inércia de massa e velocidade angular absoluta da peça “i”. A força F_{ij} corresponde a interação entre a peça “i” e a peça “j”. O símbolo MF_{ijk} representa o momento da força F_{ij} com relação ao centro de massa da peça “k”. A aceleração linear absoluta do centro de massa da peça “i” esta representado pelo símbolo ACM_i .

$$P_1 + F_{12} + F_{mc} + F_{10} - m_1 * ACM_1 = 0 \quad (1)$$

$$P_2 + F_{23} - F_{12} + R_s - m_2 * ACM_2 = 0 \quad (2)$$

$$P_3 + F_{30} - F_{23} - m_3 * ACM_3 = 0 \quad (3)$$

$$MF_{121} + MF_{10} + MF_{mc} - I_1 * \dot{\omega}_1 = 0 \quad (4)$$

$$MF_{122} + MF_{232} + M_{Rs} - I_2 * \dot{\omega}_2 - (\omega_2, (I_2 * \omega_2)) = 0 \quad (5)$$

$$MF_{30} + MF_{233} - I_3 * \dot{\omega}_3 - (\omega_3 \wedge (I_3 \wedge \omega_3)) = 0 \quad (6)$$

O sistema de equações foi resolvido no tempo obtendo como resultado os vetores posição e velocidade linear absoluta da ponta da faca ao longo de um ciclo do movimento periódico. Foram obtidos também os vetores força e momento atuantes nas quatro articulações do mecanismo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Neste trabalho foi considerado como avanço da faca o deslocamento que acontece no sentido de deslocamento da colhedora a cada ciclo de corte da faca. A equação 7 combina os parâmetros do cortador rotativo que determinam o avanço da faca.

$$Av = \frac{\pi D_c V 10^3}{N_f V_t} \quad (7)$$

D_c : Diâmetro da trajetória circular da ponta da faca [m]

V : Velocidade de avanço do equipamento [m/s]

V_t : Velocidade tangencial da ponta da faca [m/s]

N_f : Número de facas montadas sobre o disco

Considerando uma velocidade tangencial de corte de 23 m/s e um diâmetro de 0,8 m para a trajetória da ponta da faca, a figura 2 que o avanço da faca, tomando como parâmetro a velocidade de avanço da colhedora com valores praticados de 4.000 e 8.000 $m \cdot h^{-1}$ juntamente com uma velocidade baixa de 400 mh^{-1} .

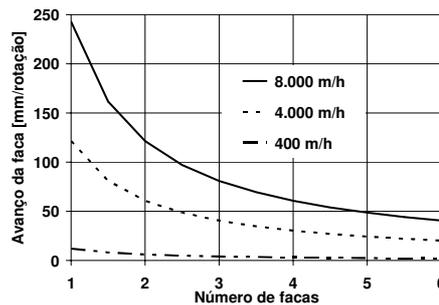


Figura 2: Avanço da faca de corte com disco de 800 mm e velocidade tangencial de 23 m/s.

Pode-se observar na figura 2 que um disco com apenas uma faca atinge avanços muito pequenos, de 12 mm, quando a velocidade de avanço é reduzida para 400 m/h. Perante essa limitação do mecanismo de disco foi dimensionado o mecanismo de barras articuladas da figura 1 com velocidade de rotação de 220 rpm, do qual resulta uma freqüência de 3,7 cortes por segundo e avanço de 32 mm quando a colhedora se desloca com sua velocidade mínima de 400 mh^{-1} .

Um dos objetivos do mecanismo proposto foi conseguir trajetórias defasadas no avanço e no retrocesso da faca visando evitar repicagem. A trajetória da ponta cortante da faca poder ser observada na figura 3(a) onde ficam diferenciadas as trajetórias de corte e de retorno, com uma defasagem de aproximadamente 100 mm no sentido longitudinal de avanço e uma defasagem de aproximadamente 40 mm na direção vertical. Outro objetivo do projeto foi obter velocidades de corte acima de 20 ms^{-1} . O mecanismo de quatro barras proposto permitiu que a faca avançasse em alta velocidade na trajetória de corte e retornasse em baixa velocidade. Verifica-se na figura 4 que a velocidade da faca permanece acima de 20 ms^{-1} na faixa de - 0,45 m até 0,25 m de percurso transversal. Isto representa uma faixa de 0,7 m, suficiente para que seja atingida com alta velocidade toda a largura da soqueira, durante o percurso de corte, com retorno em baixa velocidade de 5 ms^{-1} .

CONCLUSÕES:

O mecanismo articulado permitiu reduzir a frequência de corte e com isso aumentar o avanço da faca de 12 para 32 mm.

O mecanismo articulado permite que as trajetórias de corte e de retorno sejam diferenciadas e com isso evita-se repicagem e contato da faca com o solo fora do ciclo de corte.

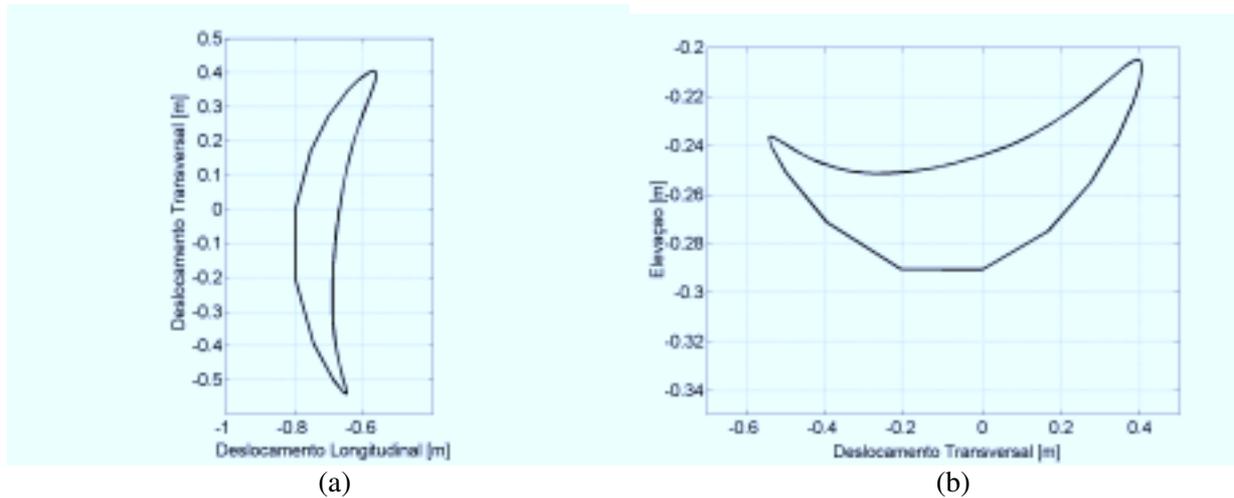


Figura 3: Trajetória da ponta da faca nos planos horizontal (a) e vertical (b).

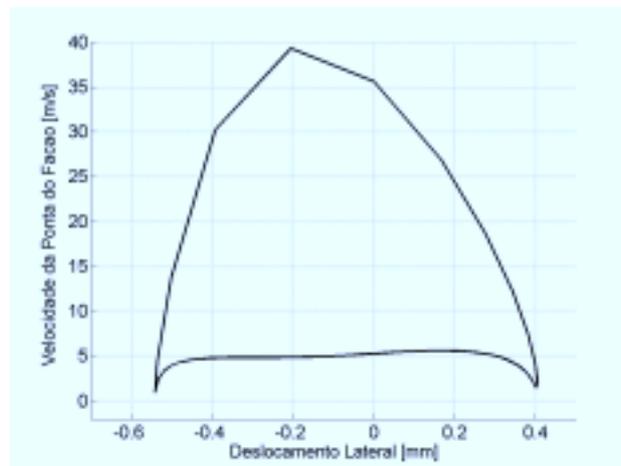


Figura 4: Velocidade absoluta da ponta da faca ao longo de um ciclo.

REFERÊNCIAS:

Ilmar Ferreira dos Santos. Dinâmica de Sistemas Mecânicos: Modelagem, Simulação, visualização e verificação. São Paulo: Ed. Makron Books, 2000. 272p.

Oscar Antônio Braunbeck, Paulo Graziano Magalhães. Colheita semi-mecanizada em áreas declivosas. 7º Seminário de mecanização e produção de cana-de-açúcar, 2005, Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto: IDEIA, 2005. v1 cd-room.