

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA COLHEDEIRA DE CANA USANDO A TÉCNICA DOS MULTICORPOS E OTIMIZAÇÃO

C. M. A. Oliveira (1), L. A. A. Rosa (2) e J. A. F. Borges (1).

(1) Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Bloco 1M, Uberlândia MG, cep: 38.400-902.

(2) Cameco do Brasil Ltda., Quadra 16, s/nº DIMIC, Catalão GO, cep:75701-970

Palavras chaves: Dinâmica veicular, níveis de vibração, técnica dos multicorpos

RESUMO

O crescimento da população mundial em proporções geométricas fez com que a mecanização agrícola se tornasse uma necessidade básica para a sobrevivência de todos. A auto-suficiência em alimentos representa um aspecto social e político muito importante quando se deseja construir uma nação forte, independente e economicamente livre. Existe no centro do Brasil uma região chamada Cerrado que possui um solo macio e de fácil mecanização, cuja área é de aproximadamente 200 milhões de hectares. Esta área representa um grande potencial agrícola para o país, uma vez que a sua maior parte não é cultivada ou não se encontra mecanizada.

O cultivo da cana no Brasil para a produção de álcool e açúcar não foge à regra, sendo caracterizado por pequenas áreas mecanizadas dentro do contexto da área total cultivada. Os maiores produtores, que são as grandes usinas de álcool e açúcar, já perceberam esta deficiência e estão substituindo gradativamente a colheita manual pela mecanizada.

Considerando uma aplicação típica, uma colhedeira de cana no Brasil opera em condições de trabalho extremamente severas causando grandes esforços e desgastes dos mecanismos, exigindo máquinas muito robustas e resistentes.

Durante a operação, as colhedadeiras ficam sujeitas a elevados níveis de excitação vibratória, cujas principais fontes são:

- Excitação proveniente do contato dos pneus com o solo, que na sua maioria são irregulares. Devido à ausência de suspensão no veículo, esta excitação é transmitida à estrutura da máquina. Na figura 1 são mostradas colhedadeiras de cana equipadas com pneus e esteira.
- Excitação proveniente dos sistemas giratórios da máquina. Cabe ressaltar que, quando em trabalho, os componentes giratórios podem ficar sujeitos a forte desbalanceamento. Na figura 2 são mostrados alguns mecanismos giratórios presentes em uma colhedeira de cana.



Figura 1: Colhedadeiras de cana equipadas com pneus e esteiras

Os elevados níveis de vibração, aliados aos grandes esforços aos quais a máquina fica submetida, podem levar ao aparecimento de trincas em toda a sua estrutura, principalmente nas proximidades dos cordões de solda. Estas trincas são inadmissíveis quando se necessita de estruturas estanques, como no caso de reservatórios de combustível ou fluido hidráulico. Além disto, como a estrutura está submetida a esforços dinâmicos as trincas podem se propagar e causar a ruptura.

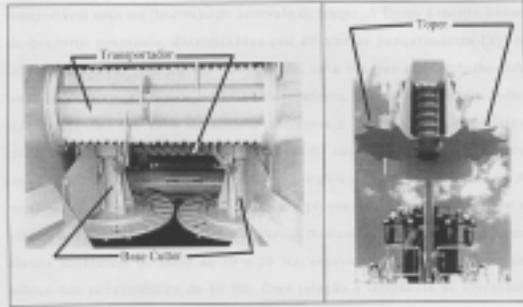


Figura 2: Alguns elementos rotativos da colhedeira de cana

Outro aspecto fortemente afetado pela vibração da máquina é o conforto do operador. Devido à ausência de um sistema de suspensão, grande parte da excitação proveniente do solo e dos componentes giratórios não é amortecida e chega até a cabine, sendo então transmitida ao operador através do assento e dos comandos (volante de direção, pedais e manoplas de controle). Dependendo da frequência e intensidade da vibração, a condução do veículo pode se tornar insuportável após um determinado intervalo de tempo.

Atualmente o estudo do comportamento dinâmico de tratores e colhedeiiras tem sido de grande interesse por parte dos fabricantes uma vez que o desenvolvimento deste tipo de máquina tem mostrado uma clara tendência a veículos mais rápidos e mais produtivos. Estes novos requisitos de projeto tornam ainda mais necessária a análise dinâmica do veículo, uma vez que a operação de máquinas agrícolas em alta velocidade pode levar a problemas críticos de segurança. Apesar de serem confiáveis e proporcionarem resultados satisfatórios, os métodos experimentais demandam muito tempo para os testes e agregam um custo elevado aos procedimentos [1]. Desta forma, os hoje chamados “protótipos virtuais”, já usados pelas grandes indústrias automobilísticas, podem ser de grande utilidade também no desenvolvimento de máquinas agrícolas uma vez que permitem explorar uma ampla gama de configurações de projeto a um custo relativamente baixo e em um prazo de tempo reduzido [1]. Nesta abordagem, entende-se por simulação dinâmica como o conjunto de procedimentos matemáticos, resolvidos computacionalmente, que permite obter a resposta do sistema, seja no domínio do tempo ou da frequência, a partir de suas características básicas (inércia, rigidez, amortecimento, geometria, restrições de movimento, etc...).

Cabe ressaltar, entretanto, que o uso da simulação computacional não visa substituir os procedimentos experimentais e sim auxiliar na avaliação de um número maior de possibilidades de projeto dentro de um prazo de tempo cada vez mais curto e a um custo menor. No caso específico da colhedeira de cana, pretende-se utilizar modelos de simulação para estudar o comportamento dinâmico da máquina original e quando submetida a alterações como a introdução de uma suspensão dianteira, suspensão da cabine e o uso de absorvedores dinâmicos de vibração nos elementos rotativos, objetivando diminuir os níveis de vibração da máquina e aumentando o conforto e a segurança do operador. Resultados a respeito de variação do carregamento vertical nas rodas dianteiras também são importantes do ponto de vista do carregamento dinâmico da estrutura, da compactação do solo, dos danos provocados

em pistas pavimentadas durante o transporte da máquina, bem como no limite de velocidade de segurança para a operação da colhedeira.

A simulação de sistemas mecânicos é o estudo do seu movimento, quando submetido a forças excitadoras externas. Geralmente, os movimentos simulados (considerados no modelo matemático) são aqueles mais característicos e representativos da dinâmica do sistema analisado. O sistema mecânico modelado pode ser considerado como constituído de componentes rígidos e flexíveis, conectados através de diferentes juntas e submetidos a forças de restrição.

Ferramentas modernas de simulação permitem a análise de sistemas mecânicos complicados, fornecendo informações precisas sobre o deslocamento, velocidade e aceleração de cada componente (translação e rotação) ou de pontos específicos dele [2]. Além disto, também são disponíveis as informações a respeito das reações e das forças externas.

O presente trabalho foi desenvolvido a partir do desenho em 3D fornecido pelo fabricante da máquina. Este desenho foi desenvolvido no software CadKey. Com este software e com medições realizadas na máquina real, foi possível obter dados relativos às inércias, posição do centro de massa, massa, etc... Baseado nestas informações, foi implementado um modelo de multicorpos usando o software ADAMS, conforme mostra a figura 3.

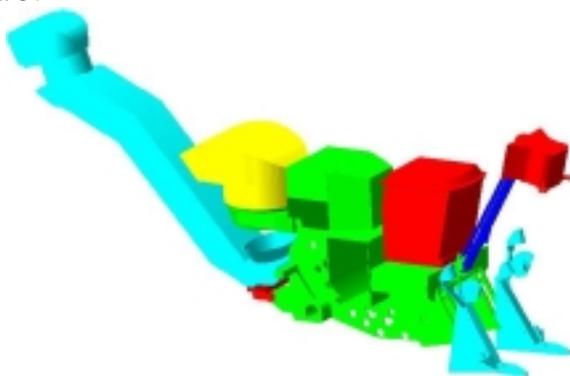


Fig3: Modelo de multicorpos da colhedeira de cana.

De posse do modelo de multicorpos, torna-se possível analisar duas situações diferentes e muito representativas do caso real da máquina: tráfego em pista pavimentada e em condições típicas de solo de lavoura.

Além disso, o sistema de nivelamento hidráulico presente na colhedeira, pode ser analisado como uma suspensão MacPherson a partir da inclusão de um acumulador. Visando melhorar o conforto do operador, pode-se analisar o efeito da inclusão de uma suspensão para a cabine.

Agradecimentos: os autores agradecem a CAMECO do Brasil pelo apoio e pela disponibilidade dos equipamentos utilizados na preparação dos modelos e testes experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BORGES, J.A.F.;" Dinâmica de Veículos Articulados: Simulação Computacional, Otimização e Ensaio Experimentais"; Tese de Doutorado; Universidade Federal de Uberlândia; Maio 1999; 213 p.

[2] RILL, G., and ZAMPIERI, D.E.; "Dynamics of Heavy Agricultural Tractors"; VI Symposium on Dynamic Problems of Mechanics – DINAME 95; March 1995, p 61-64.