

VALIDAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE NUMÉRICA EM CABEÇALHOS DE SEMEADORAS AGRÍCOLAS

Me. Fábio Goedel

Professor do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo
goedel@upf.br

Henrique Martelli

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo
henriquemrtll@gmail.com

Renan Machado da Silva

Engenheiro Mecânico formado pela Universidade de Passo Fundo
renanmachado@terra.com.br

Resumo. Buscando a validação de uma metodologia para análise numérica de cabeçalhos de semeadoras agrícolas, realizou-se um levantamento dos esforços aos quais o componente é submetido em condições de utilização, através da análise experimental de esforços. É utilizada uma metodologia baseada na ação da aceleração gravitacional, aproximando a solução estática em relação às cargas dinâmicas.

Palavras-chave: Método dos elementos finitos. Análise experimental de esforços. Strain gauge.

1. INTRODUÇÃO

Com o mercado agrícola mundial cada vez mais competitivo, as empresas vêm buscando ferramentas capazes de reduzir custos de fabricação sem deixar de garantir a qualidade de seus produtos. No mercado de semeadoras de plantio direto, os componentes de maior solicitação são: cabeçalho, chassi e rodado.

Neste trabalho buscou-se a validação de uma metodologia generalizada para análise numérica dos esforços atuantes no cabeçalho de semeadoras agrícolas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Siqueira (2009), semeadoras de plantio direto são máquinas que realizam a implantação de culturas anuais através da semeadura em terrenos onde não foi realizado o preparo periódico do solo e com a presença de cobertura vegetal, mobilizando o mínimo necessário o solo, apenas nas linhas de semeadura.

Normalmente a indústria agrícola utiliza duas metodologias na tentativa de prever os esforços críticos aos quais um implemento agrícola é submetido:

- 3g vertical: a aceleração gravitacional é multiplicada por três ($29,43 \text{ m/s}^2$).

- 2g + carga: a aceleração gravitacional é multiplicada por dois ($19,62 \text{ m/s}^2$), adicionando uma carga horizontal igual à reação vertical sobre o rodado para 1g.

Segundo Lima (2008), a Análise Experimental de Tensões (AET) baseia-se na medição das deformações reais atuantes em componentes de máquinas e estruturas em regime de operação. Avaliando a segurança operacional, ação de esforços não previstos, além de prever possíveis melhorias de projeto.

3. CONDIÇÕES ESTUDADAS

Utilizando uma semeadora múltipla Kuhn Select, configurada com quatro linhas de grãos graúdos espaçadas com 45cm e

pesando 2400kg (carregada), verificou-se as seguintes condições:

1) Ação da aceleração gravitacional

Nesta condição a máquina está em posição de transporte, sendo mantida estática (Fig. 1). Desta forma, busca-se a validação do modelamento numérico, uma vez que a única carga atuante é conhecida.



Figura 1. Primeira condição: peso próprio.

2) Transporte em terreno irregular

Com a máquina em posição de transporte medem-se os esforços ao transportar a máquina em terreno irregular, constituído de declives, subidas e pedras (Fig. 2). Assim, obtém-se a quantificação dos esforços em condições críticas de operação, onde cargas dinâmicas estão atuando.



Figura 2. Segunda condição: terreno irregular.

3) Plantando

Nesta condição serão analisados os efeitos em condição de trabalho, onde todas as linhas de plantio apoiam-se ao solo, sustentando quase que a totalidade do peso da máquina. É utilizada a profundidade de trabalho de aproximadamente 20 cm e velocidade de 8 km/h.



Figura 3. Terceira condição: plantando.

4. ANÁLISES EXPERIMENTAIS

4.1 Posicionamento dos *strain gauges*

Dois pontos estratégicos foram definidos para o posicionamento dos *strain gauges* (SG), buscando os picos de tensão na estrutura do cabeçalho, conforme Figura 4, onde o ponto 1 representa a medição no tirante e o ponto 2 refere-se a lateral.

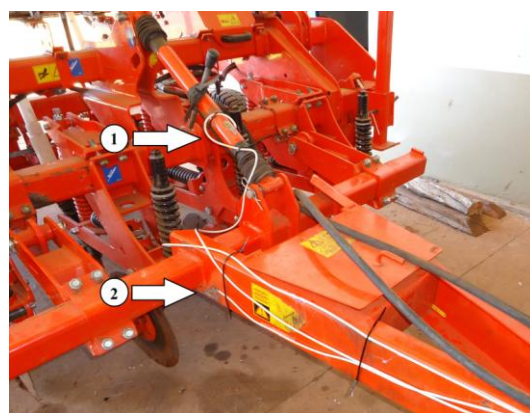


Figura 4. Posicionamento dos SG.

Foram utilizados SG tipo roseta tripla, adequados quando não se conhece a direção principal de deformação. Os sensores foram ligados, em $\frac{1}{4}$ de ponte no módulo de aquisição de dados MGC-Plus, o qual conectado a um computador pode gerar gráficos do valor medido em função do tempo.

4.2 Medições

A Figura 5 apresenta a medição das tensões mecânicas nos pontos de medição para a primeira condição: peso próprio.

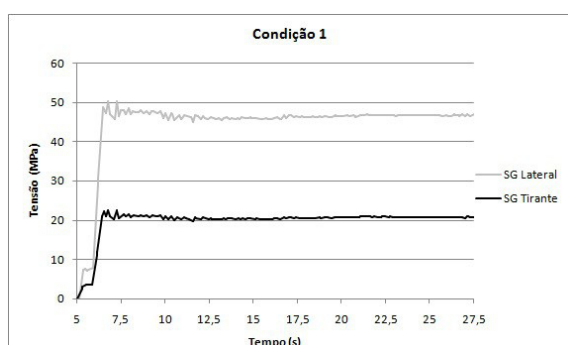


Figura 5. Tensões resultantes da primeira condição.

Aos 12 segundos visualiza-se uma atenuação na amplitude da oscilação, estabilizando após 20 segundos, nas medidas de 21,0 MPa e 47,0 MPa para os pontos tirante e lateral, respectivamente.

Na Figura 6 são apresentados os valores medidos para a segunda condição: transporte em terreno irregular.

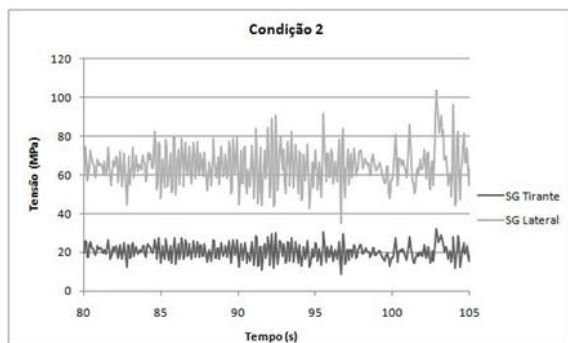


Figura 6. Tensões resultantes da segunda condição.

O trecho crítico foi observado entre 80 e 105 segundos, alcançando os valores de 104,0 MPa para o ponto de medição lateral e 32,0 MPa para a medição no tirante.

Na Figura 7 são apresentados os valores medidos para a terceira condição: plantando.

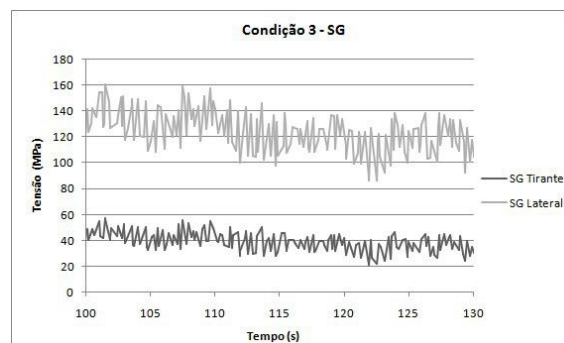


Figura 7. Tensões resultantes da terceira condição.

Foram observados picos de tensão entre 100 e 130 segundos de medição, atingindo os valores de 160,0 MPa para o ponto lateral e 60,0 MPa para o tirante.

5. ANÁLISES NUMÉRICAS

Neste trabalho é utilizado o método dos elementos finitos através do *software* comercial Pro/Mechanica, produzido e distribuído pela PTC.

5.1 Pré-processamento e Solução

Na modelagem todos os componentes, exceto o cabeçalho, foram idealizados como indeformáveis. Desta forma foi aplicado o peso da máquina em seu centro de gravidade e restringido os pontos de apoio com o solo e a barra de tração do trator.

Inicialmente foi adotada a aceleração gravitacional de $1g$ ($9,81 \text{ m/s}^2$), a fim de validar o modelamento. Posteriormente, foram aplicadas as acelerações de $3g$ ($29,43 \text{ m/s}^2$) e $2g$ ($19,62 \text{ m/s}^2$) adicionando a carga na idealização do ponto de contato do rodado.

5.2 Pós-processamento

Após o algoritmo atingir a convergência os campos de distribuição de tensão puderam ser observados, para as condições de 1g (Fig. 8), 3g (Fig. 9) e 2g + carga (Fig. 10).

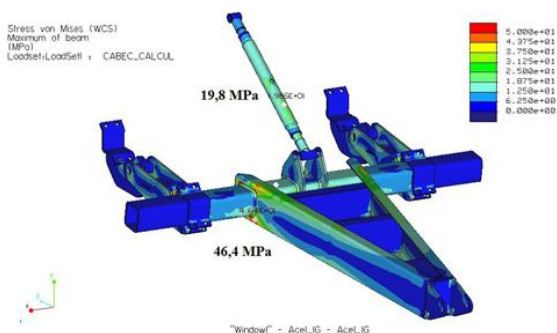


Figura 8. Distribuição de tensões: 1g.

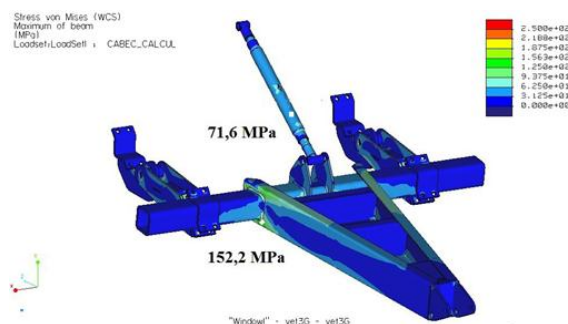


Figura 9. Distribuição de tensões: 3g.

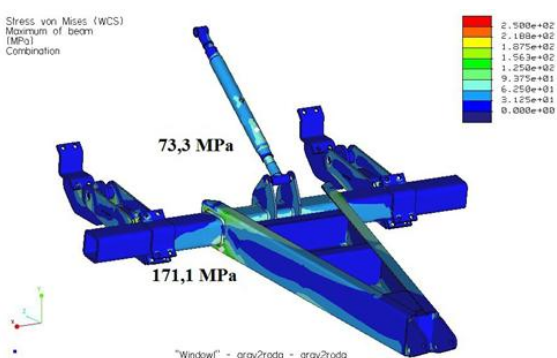


Figura 10. Distribuição de tensões: 2g + carga.

6. RESULTADOS

Na Tabela 1 é realizado o comparativo entre os valores experimentais e numéricos, buscando a validação do modelo.

Tabela 1. Comparativo: condição 1.

	Experimental	Númérico
Tirante	21,0 MPa	19,8 MPa
Lateral	47,0 MPa	46,4 MPa

Ao comparar os valores encontrados, verifica-se uma diferença inferior a 10%. Desta forma se validou o modelo numérico onde todo o conjunto, exceto o cabeçalho, é considerado indeformável.

Assim, comparam-se as condições críticas de transporte e trabalho experimentais com as metodologias geralmente adotadas: 3g e 2g+carga (Tab. 2).

Tabela 2. Comparativo: condições críticas.

	Tirante	Lateral
Experimental		
Transporte	32,0 MPa	104,0 MPa
Trabalho	60,0 MPa	160,0 MPa
Numérico		
3g	71,6 MPa	152,2 MPa
2g + carga	73,3 MPa	171,1 MPa

7. CONCLUSÕES

Verificou-se a partir dos resultados obtidos na Tabela 1, uma boa aproximação entre os valores experimentais e numéricos para 1g, validando o modelo numérico.

A partir da Tabela 2, concluiu-se que a metodologia que prediz com maior segurança os esforços aos quais o cabeçalho é submetido nas diversas condições de operação, foi a 2g+carga, superando os esforços medidos experimentalmente, mostrando que a metodologia utilizada pela indústria agrícola é a favor da segurança.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIQUEIRA, R. Semeadoras-Adubadoras para Sistema Plantio Direto com Qualidade. Paraná. 2009.

LIMA, L.R.O. Análise Experimental de Tensões. Rio de Janeiro. 2008.