

PROPOSTA DE VIABILIZAÇÃO DE UM COMPLEMENTO DE ALIMENTAÇÃO PARA COLHEITADEIRA AXIAL

GEUSEMIN, Jeferson Luís ^{1*}; JAGNOW, Diogo Derli ²; MÜNCHEN, Alexandre Gustavo ³;
CAMARGO, Jonathan Felipe ⁴

^{1,2,3,4} FAHOR, Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo
Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

*Autor Correspondente: jg001879@fahor.com.br.

RESUMO

Com a evolução da agricultura aliada à alta tecnologia, as colheitadeiras axiais representam alto rendimento na colheita de grãos. Porém, constatou-se uma alta perda na colheita do Feijão, ocasionada pela alta rotação do módulo de alimentação, com isso é necessário a implementação de um complemento constituído por duas polias e uma correia. Portanto o objetivo do presente artigo é realizar um estudo de caso sobre a viabilização econômica e estrutural da produção do complemento. Utilizando como recurso, o método de elementos finitos e testes de campo para validação do projeto, além da manufatura através da fundição e posteriormente a usinagem. Portanto, como resultado obteve-se uma redução da perda de grãos e uma redução no custo do produto.

Palavras chave: Colheitadeira axial, Transmissão por correias, Elementos finitos.

PROPOSAL FOR VIABILIZATION OF A CHANGE ON FEEDER HOUSE OF AN AXIAL HARVESTER

ABSTRACT

With the evolution of agriculture combined with high technology, axial harvesters represent high yields in grain harvesting. However, it was observed a high loss in beans harvest, caused by the high rotation of the feed module, so it is necessary to implement a complement consisting of two pulleys and a belt. In this way, the purpose of this article was to carry out a case study on the economic and structural viability of this complement manufacturing. Using as a resource, the finite element method and field tests for project validation, besides the manufacture through casting and later machining. Therefore, as a result, a reduction in grain loss and a reduction in product cost was achieved.

Keywords: Axial harvester, Belt drive, Finite elements.

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da agricultura, seus métodos e processos também foram se atualizando. Atendendo a grande demanda de grãos e a priorização da qualidade da produção, foi-se otimizando o processo da colheita com o surgimento das colheitadeiras axiais.

Estas colheitadeiras axiais apresentam em seu sistema de alimentação um módulo que aprimora a entrada de material para o interior de seu processo. Analisou-se a perda de qualidade por parte deste módulo de alimentação na colheita do produto feijão semente, onde observou-se a quebra de grãos devido ao dano mecânico, que o mesmo impõe sobre o material.

Estudou-se a principal causa desta perda de qualidade por dano mecânico, e observou-se que o principal agente de perda seria a alta rotação em que este alimentador trabalha. Obteve-se este resultado a partir de testes de campo, onde foram realizadas variações na velocidade da rotação do módulo acima citado.

Para solucionar o problema apresentado, as organizações que produzem estas colheitadeiras produziram um complemento que varia ainda mais a rotação. Este complemento é constituído por duas polias e uma correia que tem como princípio diminuir ainda mais a rotação deste módulo, o que corresponde a alteração de 540 rotações por minuto no sistema original para 330 rotações por minuto no sistema proposto.

A proposta do presente trabalho será diminuir o custo de mercado deste complemento, que atualmente custa em torno de R\$ 1.800,00, sem comprometer sua resistência, de modo a implementar a sua manufatura oferecendo ao consumidor um produto similar, mas com um investimento inferior e, principalmente, cumprir a meta de causar um menor dano nos grãos durante a colheita de feijão.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Sistema de transmissão por correias

As correias, juntamente com as polias são um dos meios mais antigos de transmissão de movimento. É um elemento flexível, normalmente utilizado para transmissão de potência entre dois eixos paralelos distantes. As principais características deste sistema são, a boa

economia proporcionada por esta transmissão, sua grande versatilidade e a segurança. (DE MARCO FILHO, 2009, p. 7).

A transmissão ocorre por atrito e este é resultante de uma compressão inicial entre a correia e a polia, através de uma carga inicial quando estacionária. (DE MARCO FILHO, 2009, p. 8).

2.1.2 Processo de fundição

No processo de fundição o metal líquido é vazado num molde, cuja cavidade corresponde ao negativo da peça que se deseja obter. O molde pode ser permanente ou em areia verde, este último é obtido através de um desenvolvimento de um modelo e machos, para o caso de partes ocas ou furos (SOARES, 2000). Como matéria prima, foi determinado o ferro fundido nodular, pois,

O ferro fundido nodular caracteriza-se pela ductilidade, tenacidade e resistência mecânica. O característico mais importante, entretanto, relacionado com a resistência mecânica, é o limite de escoamento que é mais elevado no ferro fundido nodular do que no ferro cinzento, ferro maleável e mesmo nos aços-carbonos comuns (CHIAVERINI, 1997, pág. 560).

Para fundição da polia foi utilizado como matéria prima o ferro fundido nodular GGG-50, de acordo com a Tabela 1 (Classificação dos ferros fundidos nodulares).

Tabela 1: Classificação dos ferros fundidos nodulares.

<i>Classe</i>	<i>Limite de resistência à tração (MPa)</i>	<i>Limite de escoamento (MPa)</i>	<i>Alongamento (%)</i>	<i>Dureza Brinell</i>	<i>Módulo de elasticidade (kgf/mm²)</i>	<i>Resistência à flexão (MPa)</i>
GGG-45	440	340	5	160/240	16.500 a 18.500	780/930
GGG-38	370	250	17	140/180		740/880
GGG-42	410	270	12	150/200		780/880
GGG-50	490	340	7	170/240		830/980
GGG-60	590	410	2	210/300		880/1080
GGG-70	690	490	2	230/320		1080/1180

Fonte: Adaptado de Chiaverini (1997)

2.1.3 Fator de segurança

Prevendo possíveis falhas de componente, seja pelo material ou pelas condições do carregamento, faz-se necessário estipular a tensão admissível de projeto, definida pela Equação 1. Para um projeto sucedido, as tensões de operação não devem ultrapassar a tensão admissível (COLLINS, 2006).

$$\sigma_d = \frac{Sfm}{nd} \quad (1)$$

Onde:

σ_d - tensão admissível pelo componente;

Sfm - resistência do material à falha;

nd - fator de segurança do projeto.

Collins (2006) sugere um fator de segurança pela avaliação de oito fatores e atribuir um valor numérico conforme sua respectiva importância. De acordo com as necessidades do projeto, os valores negativos correspondem a fatores de baixa importância, valores positivos são atribuídos aos de grande influência e o valor zero corresponde a um fator indiferente. Da soma dos valores atribuídos aos fatores de segurança surge uma variável representada por (t), que adicionada à Equação 2, fornece o fator de segurança ideal para o projeto (COLLINS, 2006).

$$nd = 1 + \frac{(10 + t)^2}{100} \text{ para } t \geq -6 \quad (2)$$

2.1.4 Análise de elementos finitos

O método de elementos finitos é utilizado para resolução de problemas encontrados na construção mecânica. Durante uma análise estrutural devem ser impostas as condições de contorno às quais o componente analisado está exposto, podendo estas ser: deslocamentos, forças, pressões ou temperaturas. Também devem ser impostas as restrições de movimento, denominadas pontos de fixação (ZIENKIEWICZ, 2005).

O método de análise consiste numa aproximação numérica para a decisão de equações via integração, realizado após a divisão do sistema em partes discretas menores, etapa que é conhecida como discretização do modelo, ou geração de malha. Além da discretização geométrica, há a discretização das condições de contorno e dos pontos de fixação, onde estas passam a ser impostas nos nós e não nas superfícies do modelo (ZIENKIEWICZ, 2005).

Um elemento que recebe a ação de uma força tende a absorvê-la, gerando forças internas, efeito denominado tensão, que pode ser expresso como a razão entre a força aplicada por unidade de área. A tensão de Von Mises é um escalar positivo que descreve o estado de tensão dos materiais, isto é, um componente entrará em colapso assim que sua tensão de Von Mises ultrapassar determinado valor, próprio de cada material (FONSECA; TAVARES, 2012).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Fator de segurança

Tendo em vista as condições impostas a polia redutora de velocidade, foi estabelecido um valor para cada um dos fatores dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensionamento do fator de segurança da polia redutora de velocidade.

FATOR	PENALIZAÇÃO
CONHECIMENTO PRECISO DO CARREGAMENTO	2,5
CONHECIMENTO PRECISO DAS TENSÕES	2,0
CONHECIMENTO PRECISO DA RESISTÊNCIA DO MATERIAL	2,0
NECESSIDADE DE CONSERVAÇÃO	-3,0
GRAVIDADE DA CONSEQUÊNCIA DA FALHA	3,0
QUALIDADE DA FABRICAÇÃO	4,5
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO	-3,0
QUALIDADE DA MANUTENÇÃO	1,5
SOMATÓRIO DAS PENALIZAÇÕES (T)	9,5
FATOR DE SEGURANÇA (ND)	4,80

Fonte: Autores (2018).

De acordo com a Tabela 2, o fator de segurança ideal para a polia redutora de velocidade deve assumir um valor de, no mínimo, 4,80.

2.2.2 Forças atuantes sobre a polia redutora de velocidade

Os dados necessários para calcular as forças impostas sobre a polia redutora estão dispostos na Tabela 3. Sendo que, o torque é disponibilizado no catálogo do fabricante, as dimensões das polias foram coletadas diretamente da colheitadeira e o coeficiente de rendimento adquirido de Marco Filho (2009).

Tabela 3: Dados introdutórios para o cálculo das forças.

GRANDEZA	VALOR
TORQUE MÁXIMO DA SAÍDA DO MOTOR	2550 N.m
RAIO DA POLIA 1	0,112 m
RAIO DA POLIA 2	0,305 m
RAIO DA POLIA 3	0,172 m
RAIO DA POLIA 4	0,104 m
COEFICIENTE DE RENDIMENTO DE TRANSMISSÕES POR CORREIA	0,7

Fonte: Autores (2018).

A Equação 3 a seguir é adaptado de Marco Filho (2009) e resulta no torque final a ser aplicado sobre a polia redutora de velocidade.

$$Tf = Tm * \frac{r2}{r1} * \frac{r4}{r3} * \frac{c}{2} \quad (3)$$

Onde:

Tf – Torque final aplicado sobre a polia;

Tm – Torque máximo da saída do motor;

$r1$ – Raio da polia 1;

$r2$ – Raio da polia 2;

$r3$ – Raio da polia 3;

$r4$ – Raio da polia 4;

c – Coeficiente de rendimento de transmissões por correia.

Substituindo os valores da Tabela 3 na Equação 3, foi possível obter o torque final

sobre a polia de 1469,6 N.m.

2.2.3 Discretização da polia redutora e suas condições de contorno

A Figura 1 a seguir revela as principais características da malha gerada no modelo. A malha apresentada está com boa qualidade e apta para a análise de elementos finitos.

Figura 1: Detalhes da malha gerada.

Nome do modelo: H17 2338
Nome do estudo: Análise estática 1(-2 CANAIS C-)
Tipo de malha: Malha sólida

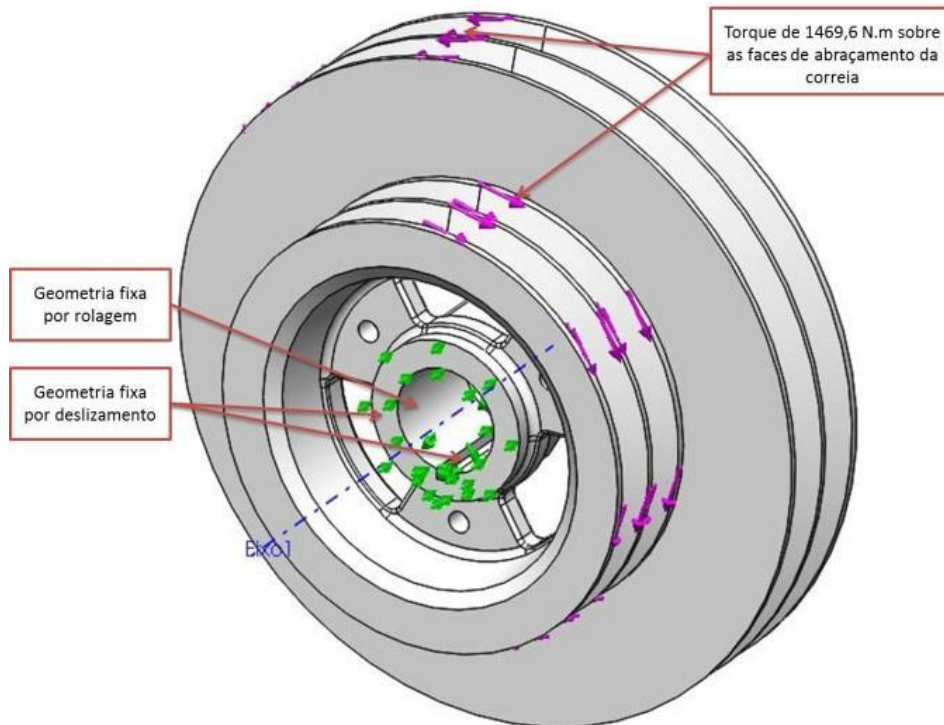
Malha Detalhes	
Nome do estudo	Análise estática 1 (-2 CANAIS C-)
Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado	Malha padrão
Transição automática	Desativada
Incluir loops de malha automáticos	Desativada
Pontos Jacobianos	4 pontos
Tamanho do elemento	6.41663 mm
Tolerância	0.320832 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	119164
Total de elementos	72634
Proporção máxima	13.648
Porcentagem de elementos com Proporção < 3	95.6
Porcentagem de elementos com Proporção > 10	0.00413
% de elementos distorcidos (Jacobiana)	0
Tempo para conclusão da malha (hh:mm:ss)	00:00:10
Nome do computador	DIOGO-PC



Fonte: Autores (2018).

A Figura 2 mostra a interface do módulo *SolidWorks Simulation*, onde é possível visualizar as condições de contorno aplicadas durante a análise de elementos finitos. Sendo que onde o eixo é montado, foi definida a geometria fixa por rolagem, e onde é o encosto da polia e o rasgo de chaveta foi definida geometria fixa por deslizamento. O torque 1469,6 N.m foi aplicado sobre as faces de abraçamento da correia, cujo o ângulo de abraçamento é de 190°, valor este, mensurado na colheitadeira.

Figura 2: Condições de contorno para análise da polia redutora.



Fonte: Autores (2018).

2.2.4 Manufatura

Para o desenvolvimento das polias do sistema de redução de velocidade, foi considerado a velocidade do sistema original e a velocidade desejada. Estabeleceu-se então uma relação de transmissão entre os pontos, onde obtivemos os valores de diâmetro das polias. As configurações que o sistema proposto oferece serão manter a maior velocidade oferecida originalmente pela colheita ou diminuí-la ao ponto de oferecer qualidade ao produto final.

Após o processo de modelagem e validação da polia pelo método de elementos finitos, desenvolveu-se um modelo para fabricação dos moldes em areia verde para realização do processo de fundição, a Figura 3 a seguir mostra como é o modelo.

Figura 3: Modelo para os moldes de fundição da polia.



Fonte: Autores (2018).

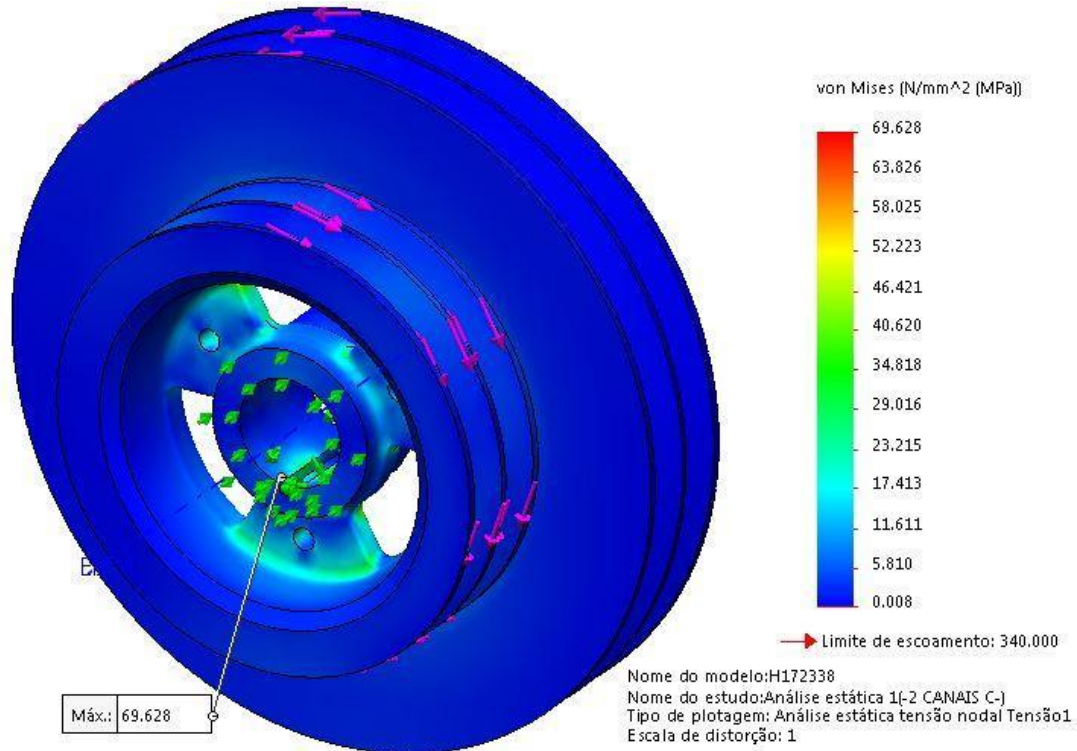
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Validação da polia redutora de velocidade

O estudo de caso abrange as atividades de projeto e manufatura de uma polia redutora de velocidade. Após o projeto da polia, pode-se evidenciar através da validação estrutural, por meio do método de elementos finitos no *SolidWorks Simulation*, assim sendo o protótipo pode ser manufaturado.

Utilizando o limite de escoamento do ferro fundido nodular GGG50 – 340 MPa – e o fator de segurança – 4,80 – na Equação 1, se encontrou um valor de 70,833 MPa para a tensão admissível de projeto para a polia redutora de velocidade. A Figura 4 mostra a análise de esforços realizada neste componente.

Figura 4: Escala de Von Mises e o ponto de maior tensão para a polia redutora.



Fonte: Autores (2018).

Conforme indicado na Figura 5, a tensão máxima atingida pelo carregamento na polia foi de 69,628 MPa, isto é, o componente encontra-se bem dimensionado e aprovado para a manufatura.

2.3.2 Manufatura e testes de campo

Na manufatura, teve-se a participação na produção da polia em estudo, duas empresas, uma de Fundição e outra Metalúrgica, que estão localizadas respectivamente no município de Cerro Largo e Horizontina, na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Nas duas indústrias citadas, foram realizadas visitas, para poder verificar a produção do item de estudo, garantindo a qualidade em cada etapa de manufatura.

Na Figura 5 a seguir mostra a polia pronta com o processo de usinagem já concluído e apto para a instalação na máquina.

Após a realização dos processos de fabricação e validação comprovou-se a resistência e eficiência do complemento de alimentação, onde se alcançou os valores de rotação determinados para o projeto não fragilizando e danificando a estrutura da colheitadeira. Também quanto ao comentado anteriormente referente a diminuição no dano mecânico dos grãos, foi realizado a colheita de uma determinada área e uma determinada cultura,

selecionando assim, amostras para teste. As mesmas foram encaminhadas para um centro especializado de análise que constatou uma diminuição na porcentagem de dano mecânico ao grão, resultando em uma diminuição de 8% para 5% por saca colhida

Comparando-se os valores comerciais do complemento de alimentação oferecido pelo fabricante da colheitadeira e o complemento estudado, obteve-se uma diminuição significativa no valor. A partir da simplificação do projeto e da busca de mercado em cima de novos fornecedores reduziu-se 78,33% no valor do kit para o consumidor quando comparado com os principais concorrentes.

Figura 5: Imagem da polia pronta.



Fonte: Autores (2018).

CONCLUSÃO

Concluiu-se no presente projeto que se pode viabilizar o processo de fabricação do complemento de alimentação diminuindo assim seu custo de produção e conseqüentemente seu preço de varejo. Essa análise se torna viável pela validação tanto utilizando software de CAD/CAE como implementando a peça na colheitadeira e realizando testes de campo.

Considerando o estudo realizado, análises, validações e testes, podemos concluir do presente projeto apresentado que houve uma redução de custo de varejo em torno de 78,33% quando ao comparativo entre os principais fornecedores do item. Também observou-se a significativa redução de dano mecânico ao grão de 8% para 5% no momento da colheita, principalmente em culturas onde são exigidas maior qualidade do produto que sai da lavoura validando assim o propósito deste projeto.

REFERÊNCIAS

COLLINS, J. A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas**. LTC, 2006.

DE MARCO FILHO, Flávio. **Elementos de Transmissão Flexíveis**. Disponível em:
<http://www.graduacao.mecanica.ufrj.br/pdf/Elementos_de_Transmissao_Flexiveis_2009-4.pdf> Acesso em: 15/06/2017.

FONSECA, J. O.; TAVARES, J. M. **Introdução ao SolidWorks: análise de tensões de peças**. Faculdade de Engenharia FEUP. Portugal, 2012.

SOARES, Gloria de Almeida. **Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia**. 2000

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L.; ZHU, J. Z. **Finite element method – Its basis and fundamentals**. 6 ed. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.

CHIAVERINI, V.; **Aços e Ferros Fundidos**. Associação Brasileira de Metais, São Paulo, 1997.



De 04/06/2018 a 06/06/2018



TERMO DE COMPROMISSO DE APRESENTAÇÃO

Eu Jeferson Luís Geusemin autorizo, caso meu Trabalho Proposta de viabilização de um complemento de alimentação para colheitadeira axial, de autoria de Diogo Derli Jagnow, Alexandre Gustavo München e Jonathan Felipe Camargo, seja aprovado pela Comissão Científica da SEMANA INTERNACIONAL DE ENGENHARIAS E ECONOMIA FAHOR, a publicação nos anais e no site da instituição.

Assim sendo, firmo que a presente declaração é expressão absoluta da verdade e me responsabilizo integralmente, em meu nome e de eventuais coautores, pelo material apresentado.

Horizontina, 08 de maio de 2018.

João da Silva