

MODELAGEM, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE TENSÃO EM POLIAS EM V MÚLTIPLAS

Yuri Juan Moura Leal Marinho (UniFacid Wyden) E-mail: yurijuan13@gmail.com
José Weliton Nogueira Júnior (UniFacid Wyden) E-mail: jose.nogueira@professores.facid.edu.br

Resumo: *O presente estudo consiste na formulação de uma análise comparativa entre duas polias em V com perfis diferentes, polia 3V e polia 5V, de dimensões próximas com tensões de acordo com suas medidas, mesmo material de fabricação (aço carbono) e principalmente a diferença no que se refere ao número de canais, a fim de haver um entendimento a respeito da importância da especificação de cada perfil de polia em V múltipla para a sua devida utilização. O software Autodesk Inventor foi imprescindível para o desenvolvimento desse estudo, através dele realizando a modelagem e simulação dos dois modelos de polias, além de análise de tensão através do método dos elementos finitos. Considerando os parâmetros estabelecidos e feita a análise de tensão de cada peça modelada e simulada, percebe-se que os dois modelos atuam de forma parecida e têm reações às forças também parecidas. O ponto crucial que os diferencia diz respeito exatamente à diferença do número de canais, o que proporciona à polia em V com perfil 5V uma maior transmissão de potência em um sistema de correias e polias, devido ao maior tracionamento na superfície da peça.*

Palavras-chave: Polias em V, simulação, elementos finitos

MODELING, SIMULATION AND STRESS ANALYSIS IN MULTI-V PULLEYS

Abstract: The present study consists in the formulation of a comparative analysis between two V-pulleys with different profiles, pulley 3V and pulley 5V, of similar dimensions with tensions according to their measurements, same material of manufacture (carbon steel) and mainly the difference in what refers to the number of channels, in order to have an understanding about the importance of specifying each multiple V-pulley profile for its proper use. The Autodesk Inventor software was essential for the development of this study, through it performing the modeling and simulation of the two pulley models, as well as stress analysis through the finite element method. Considering the established parameters and carrying out the stress analysis of each modeled and simulated part, it can be seen that the two models act in a similar way and have similar reactions to forces. The crucial point that differentiates them concerns exactly the difference in the number of channels, which provides the V-shaped pulley with a 5V profile with greater power transmission in a system of belts and pulleys, due to greater traction on the surface of the part.

Keywords: V pulleys, simulation, finite element

1 INTRODUÇÃO

Polias são elementos mecânicos que têm como função de transmissão de potência, assim como deslocamento e elevação de objetos com menor força exigida para o movimento dos mesmos. Segundo Shigley (2001), polias são acionadas por correias, a polia gira em conjunto com um eixo, transferindo o movimento e energia para outro eixo da máquina. Polias têm diversas aplicabilidades na construção civil, em indústrias, em sistemas mecânicos automotivos, e equipamentos de conversão de energia.

Existem diversos tipos e classificações de polias, de acordo com suas aplicações e necessidades, podendo ser polias planas - que não possuem ranhuras ou canais; polias em v (ou trapezoidais) - que proporcionam um sistema de transmissão através de correias em v; polias sincronizadoras (ou dentadas) que funcionam com correias

dentadas, aplicadas em sistemas de transmissão de força em automóveis; polias tensoras - cuja função consiste em manter a correia tensionada e posicionada adequadamente; e polias cônicas - sua superfície é inclinada em direção ao centro da polia. De acordo com Silva e Menezes (2012), as polias mais utilizadas são as do tipo trapezoidais ou em V, podendo ser fabricadas em aço, ferro fundido, ligas leves e materiais sintéticos.

A velocidade final fornecida por um conjunto transmissor depende da relação do diâmetro das polias. Polias de diferentes diâmetros transmitem mais ou menos velocidade à máquina. No caso em que a polia motora (polia que fornece o movimento) é maior que a movida (polia que recebe o movimento) a velocidade transmitida para a máquina será maior (BARCELOS, Felipe et al, 2016, p. 16). Os materiais que se empregam para a construção das polias são ferro fundido (o mais utilizado), aços, ligas leves e materiais sintéticos. A superfície da polia não deve apresentar porosidade, pois, do contrário, a correia irá se desgastar rapidamente.

As polias em V são primordiais para motores elétricos, automotivos e equipamentos industriais, pois sua funcionalidade consiste principalmente em uma melhor transmissão de potência entre dois eixos através de uma correia, e sua construção permite uma ótima aderência entre os dois elementos, tendo uma maior distribuição das cargas através da superfície de contato, resultando em uma maior capacidade de transmissão. Segundo Budynas e Nisbett (2016), correias em V são ligeiramente menos eficientes que correias planas, porém um número delas pode ser utilizado em uma única roldana, perfazendo assim um acionamento múltiplo. Nos sistemas automotivos as Polias em V podem ser encontradas em transmissões como a CVT, em alternadores e outros setores que precisam de sincronização de rotação para transmissão de potência.

O presente estudo tem como finalidade principal modelar e simular um desgaste em uso comum de dois modelos de polias em V múltiplas, com dimensões de diâmetro idênticas, para que através da geração de relatórios do software Autodesk Inventor sejam feitas análises de tensão em cada peça e haver um entendimento a respeito da aplicabilidade correta de acordo com seus dimensionamentos.

2 METODOLOGIA

Considerando os conceitos apresentados, neste projeto foi realizado um estudo tendo como objetos para análise comparativa dois perfis de polias em V múltiplas: polia 3V e polia 5V, com modelagem e simulação dos dois modelos em condições de trabalho comuns à sua finalidade de acordo com fabricantes, para que então com esses dados fosse possível a modelagem das mesmas corretamente através do software Autodesk Inventor, e através dele montar um desenho com as representações das vistas de cada peça, com o valor e referência de cada medida. Seguem abaixo as representações das vistas das duas polias a serem analisadas:

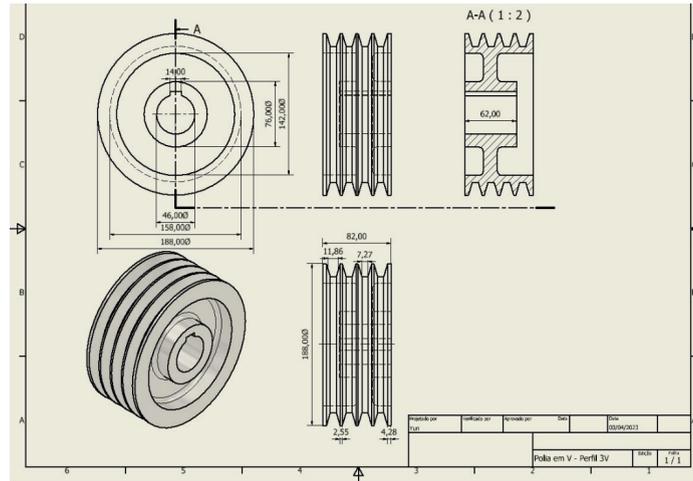


Figura 1: Representação da Polia em V múltipla com perfil 3V com detalhamento de medidas.

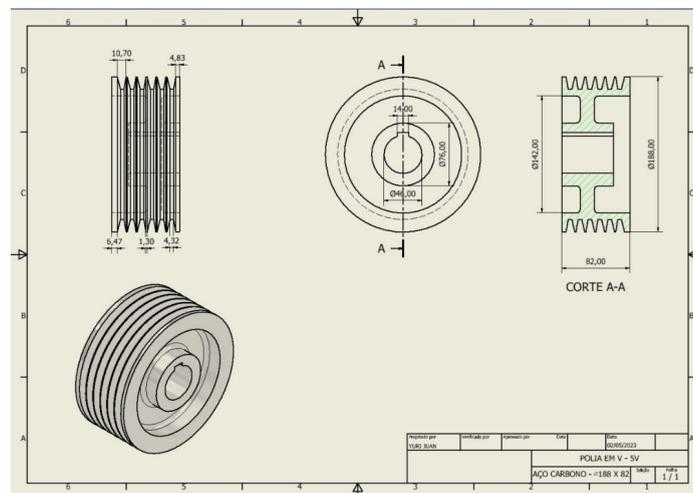
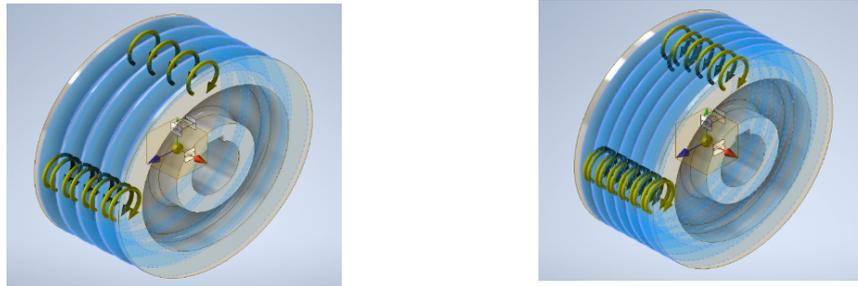


Figura 2: Representação da Polia em V múltipla com perfil 5V com detalhamento de medidas.

Estabelecidas as medidas e tolerâncias em cada polia, foi feita uma análise de tensão em cada uma, aplicando reações em pontos específicos em que normalmente há uma tensão provocando desgaste, como por exemplo o momento na superfície dos canais das duas polias, além de reações fixas para o eixo em que se instalaria a polia e a chaveta que seria aplicada. Considerando a medida e a construção de cada modelo, foram atribuídas reações de acordo com seus fabricantes, através de consultas ao catálogo de peças, para que haja uma simulação adequada a condições de uso comuns ao equipamento para o qual foi destinada sua aplicação.

A respeito da aplicação de momento nas polias pode-se afirmar que foram aplicados 1500N.m para a polia 3V e 3333N.m, tendo seu posicionamento selecionado para o interior da de cada canal e as faces das suas paredes, sendo perceptível nas Figuras 3 e 4, e o fator motivador para essa aplicação específica está relacionado a uma particularidade que diferencia a polia em V dos outros tipos, que seria exatamente a existência de canais em V ou em formato trapezoidal, que amplia a área de contato com a correia e torna mais precisa e eficiente sua função, através do atrito entre os dois materiais por todo o interior dos canais.



Figuras 3-4: Aplicação de momento na superfície dos canais e reações fixas na parte central das polias 3V e 5V.

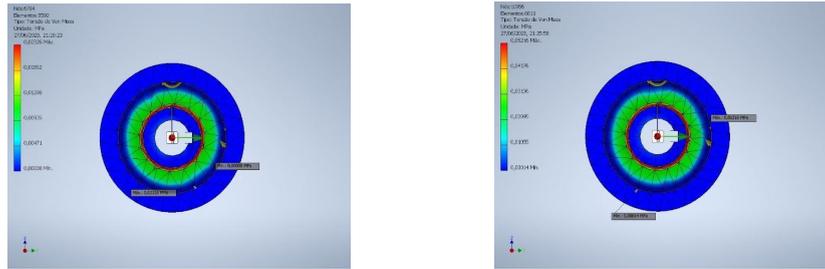
Segundo Shigley (2011), o método do elemento finito é uma técnica numérica que discretiza o domínio de uma estrutura contínua, portanto os erros se tornam inevitáveis, podendo ser erros computacionais ou erros de discretização. Tendo em vista esse conceito, foi recorrido a este método para uma simulação de tensões e uma análise precisa e mais exata a respeito dos pontos onde há um desgaste mais evidente.

Após a conclusão das etapas anteriores, foi possível gerar uma simulação das reações nas duas polias, com dados calculados de acordo com os valores de medidas e forças aplicadas em cada uma.

3 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

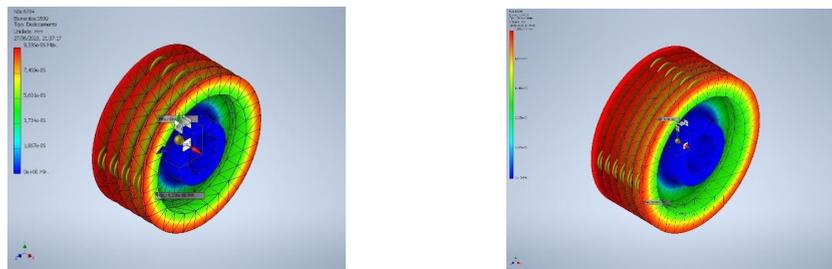
Concluídas as simulações referentes a aplicação de tensões nas duas polias, foram gerados relatórios técnicos sobre suas respectivas polias com dados a respeito do desgaste frente às suas integridades anteriores, possibilitando a realização de um comparativo entre a capacidade de resistência às tensões de cada modelo para formular conclusões a respeito do rendimento de cada peça em condições normais de funcionamento. A partir dos relatórios gerados através do Autodesk Inventor após simulação dos esforços nas polias foram declarados os resultados da análise de tensão com aplicação dos esforços, dentre eles foram selecionados os mais significativos a nível de estrutura e construção das polias.

A Tensão de Von Mises, representada nas figuras 7 e 8, tem sua importância a se destacar no que se refere ao limite de escoamento do material, que é o aço carbono, servindo como parâmetro para determinar se a peça vai sofrer deformação plástica. Considerando a aplicação de momento e reações fixas de exigência baixa para o material e suas dimensões, a tensão de Von Mises não apresentou nenhum risco de deformação plástica na polia, sendo as tensões máximas das polias 3V e 5V concentradas em torno da região central onde a polia é acoplada a um eixo com chaveta, com valores de $2,32 \times 10^{-2} \text{Mpa}$ e $5,21 \times 10^{-2} \text{Mpa}$, respectivamente, enquanto as tensões mínimas são iguais a $7,60 \times 10^{-5} \text{Mpa}$ e $1,44 \times 10^{-4} \text{Mpa}$. É perceptível a partir desses dados que a tensão de Von Mises apresentou valores 2x maiores para a polia 5V em comparação com a polia 3V.



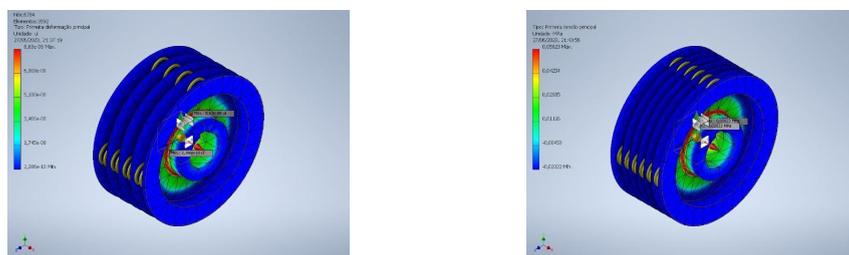
Figuras 7-8: Tensão de Von Mises representada nas polias 3V e 5V.

O deslocamento foi imprescindível para a análise considerando a tensão superficial, por simular que na parte central as polias são fixadas em um eixo, enquanto elas têm um atrito com as correias em movimento, trabalhando em conjunto. Pode ser percebido nas figuras 9 e 10 esse contraponto entre a região central e a região dos canais havendo o deslocamento mínimo de 0mm para as duas polias e o máximo igual a $9,33 \times 10^{-6}$ mm para a polia 3V e $2,07 \times 10^{-5}$ mm para a polia 5V. A diferença entre os deslocamentos máximos se justifica pelo fato que os momentos aplicados são diferentes, sendo maior o aplicado para a polia 5V.



Figuras 9-10: Deslocamento representado nas polias 3V e 5V.

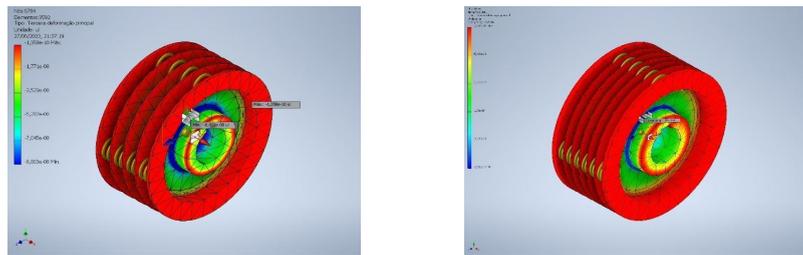
A primeira deformação principal foi identificada e selecionada para este comparativo a fim de analisar as deformações relacionadas especificamente às reações fixas aplicadas na região central das polias, como pode ser percebido visualmente. As deformações mínima e máxima identificadas para a polia 3V são de $2,38 \times 10^{-10}$ s_m e $8,63 \times 10^{-8}$ s_m, respectivamente, enquanto na polia 5V foram identificadas $1,17 \times 10^{-10}$ s_m e $2,31 \times 10^{-7}$ s_m.



Figuras 11-12: Primeira deformação principal representada nas polias 3V e 5V.

A terceira deformação principal foi selecionada com a finalidade de analisar as deformações relacionadas especificamente às aplicações de momento na região superficial das polias, passando por seus canais, como pode ser percebido visualmente. As deformações mínima e máxima identificadas para a polia 3V são de $-8,80 \times 10^{-8}$ s_m

e $-1,35 \times 10^{-10} \text{ s}_m$, respectivamente, enquanto na polia 5V foram identificadas $-2,53 \times 10^{-7} \text{ s}_m$ e $-2,19 \times 10^{-10} \text{ s}_m$.



Figuras 13-14: Terceira deformação principal representada nas polias 3V e 5V.

A partir das imagens apresentadas acima, percebe-se visualmente que a nível de estrutura o desgaste se assemelha entre as polias, que não tendem a falhar em pouco tempo de uso considerando as suas dimensões e tensões em condições comuns de operação. Porém, os dois modelos diferem exatamente no número de canais, que por consequência têm ângulos diferentes dos mesmos - sendo 34° para a polia 3V e 24° para a polia 5V - considerando todas as demais dimensões iguais. Portanto, com os parâmetros definidos foi possível estabelecer uma análise comparativa entre os dois modelos estudados a nível de vida útil e capacidade de transmissão de potência.

As duas polias em V analisadas foram definidas para simulação como produzidas em aço carbono, possuem os mesmos diâmetros interno e externo, de 46mm e 188mm respectivamente, passam a se diferenciar no que se refere ao número de canais. As tensões de momento relacionadas ao deslocamento na superfície de cada canal foram de 1500N.m para a polia 3V, e 3333N.m para o modelo de perfil 5V, nas dimensões definidas.

Somado a isso, foram definidas reações fixas no centro da polia onde se instala o pino e a chaveta, para que sejam representadas polias fixadas em seus eixos. Por conta disso visualmente nota-se na escala de cores da figura representada onde algumas áreas são mais exigidas em comparação com o restante da peça, devido a aplicação de reações fixas na parte central, enquanto há tensões na superfície provocando um deslocamento nessa mesma área, gerando um tensionamento igual ao que uma correia em V sob medida aplicaria na peça, causando um desgaste, além do que existe também devido ao atrito causado pela mesma.

Ainda sobre as tensões superficiais, foi aplicada uma reação de momento na superfície de cada canal, simulando o que causaria uma correia adequada para sua fabricação dentro de sua vida útil, que ocasionou uma maior deformação nos planos Y e Z, em comparação com seu posicionamento inicial, tendo maior valor declarado para a polia 5V. A deformação em X tem maior relação com a reação fixa da polia com o eixo em que está instalada, juntamente com a chaveta.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto neste estudo, conclui-se que à medida que as polias são fabricadas com suas especificações e propósitos definidos, as polias tendem a possuir rendimentos diferentes em relação a outros. Dessa forma, as polias em V têm, de acordo com o material de fabricação, a forma de sua construção e o número de canais, diversas aplicações, como por exemplo polias em V de alternadores de carros diferem de polias em V de caminhões, porque a necessidade de maior trabalho de transmissão de potência além da resistência ao tensionamento é particular de cada equipamento, sendo então

necessária a aplicação correta conforme especificações dos fabricantes de polias, que são fabricadas respeitando os limites de escoamento do material utilizado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Alfredo.** *A Caracterização da Resposta Dinâmica de uma CVT por Polias Expansivas*. Universidade Estadual de Campinas. 2013.
- BARCELOS, Felipe; GUEDES, Felipe; FARIA, Guilherme B.; LARA, Mateus A; RESENDE, NIKAEL.** *Esteira Transportadora com sistema de redução por polias*. Instituto Federal de Minas Gerais. Arcos, 2016.
- BECKER, Maicon; OLIVEIRA, Marcos. A.L; POMIN, Mauricio; PRADO, Rovilson.** *Polias*. Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, 2015.
- BUDYNAS, R.G; NISBETT, J.K.** *Elementos de Máquinas de Shigley. Projeto de Engenharia Mecânica*. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- BUDYNAS, R.G; NISBETT, J.K.** *Elementos de Máquinas de Shigley*. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- HICKMANN, Guilherme. S.** *Dimensionamento de um Transportador de Correia para o Transporte de Britagem*. Centro Universitário Univates. Lajeado, 2017.
- PALMA, Diogo. C.** *Metodologia de Simulação por Elementos Finitos de Polias para Transportadores de Correia de Grandes Capacidades Utilizando o Programa ANSYS Workbench*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- RUSSOMANO, Thais et al.** *Aperfeiçoamento e validação de simulador de desorientação espacial*. *Research on Biomedical Engineering*, v. 21, n. 2-3, p. 97-103, 2011.
- SCHRAN, R.** *Bancada didática de vibrações: fabricação de sistema de transmissão e análise vibracional*. 2019.
- SHIGLEY, Joseph.** *Mechanical Engineering Design*. 6. ed. Nova York: McGraw Hill, 2001.
- SILVA, E.; MENEZES, E. M.** *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. Ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. 2012.
- AUTODESK.** *Análise de Elementos Finitos*. 2023. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/finite-element-analysis>>. Acesso em: 20 mai. 2023