



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM VARAL DE ROUPAS ELETROMECHANICO

Fernando Marques Fernandes^{*1}, Alexandre Fernandes Marques¹, Cleberson Aparecido Oliveira da Silva¹, Cleverson Pontes de Oliveira¹, Felipe Alves Mendes¹, Tiago Dias Fernandes¹, José Carlos Morilla¹, João José de Souza¹ e Carlos Alberto Amaral Moino¹.

¹ Universidade Santa Cecília.

Rua Oswaldo Cruz, 255/277 – Boqueirão – Santos – São Paulo – Brasil – CEP 11045-907
fmarques@unisanta.br

RESUMO

Para pessoas portadoras de deficiência e idosos, a tarefa de movimentar um varal de teto pode ser difícil e até oferecer risco. O presente projeto consiste na elaboração de uma solução para facilitar a movimentação de um varal de teto, para isso, foi construído um sistema eletromecânico de transmissão que movimenta verticalmente a estrutura onde as roupas são penduradas, contendo uma capacidade máxima de carga de 30 kg, o dispositivo foi elaborado a partir de um sistema de acionamento automatizado utilizado em portões basculantes. Seu acionamento é feito por meio de um interruptor, que é localizado a 1 metro em relação ao chão, proporcionando assim acesso às pessoas que utilizam cadeiras de rodas. O trabalho visa também à melhoria de rendimento nas atividades ergonômicas relacionadas a esse processo. Com a análise de aplicação dos materiais, o dimensionamento dos componentes e as simulações desenvolvidas no Solidworks®, pôde-se concluir que o varal eletromecânico atende o objetivo de levantar a estrutura carregada apenas por um acionamento elétrico mecânico, a partir de um interruptor afim de eliminar o esforço físico por parte dos operadores (idosos, deficientes físicos e outros). Com os resultados obtidos nos cálculos de dimensionamento, encontrou-se a velocidade de 0,148 m/s para um ciclo completo do curso em até 10 segundos, o que representa uma rotação de 148 RPM no fuso de transmissão, na qual desloca-se verticalmente com um peso máximo de 300 N. Com os resultados obtidos através das simulações conclui-se que para seu funcionamento normal no estado de máxima carga de elevação (300 N) e máxima carga suportada (800 N), obteve-se um coeficiente de segurança aceitável, evitando acidentes e/ou danos ao dispositivo.

Palavras Chaves: varal de roupas; mecanização; transmissão eletromecânica.

1. INTRODUÇÃO

Portadores de limitações físicas, tais como os idosos e os portadores de necessidades especiais podem encontrar dificuldades de executar atividades simples do cotidiano. O projeto foi elaborado para melhoria de uma das etapas do processo doméstico de lavagem de roupas, sendo essa etapa a de secagem das roupas. Para isso, foi desenvolvido um sistema mecanizado de varal de roupas em substituição do acionamento manual. Podendo assim evitar complicações físicas ao manusear o varal manual, oriundas de esforços, posições e locais de instalação inadequados perante a ergonomia.

O acionamento do varal de teto vertical tradicional pode ocasionar posturas inadequadas, principalmente na região lombar no ato de suspender o varal, onde muitos não têm uma estrutura física adequada para isto, além de que em muitas vezes esse acionamento ocorre em espaços não convenientes, considerando-se que em apartamentos a maioria dos varais se localiza na área de serviço, que geralmente são compactas.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Muitos acidentes domésticos podem ser evitados, se os projetos dos equipamentos forem baseados em uma análise adequada das interações homem-tarefa-máquina [4].

Assim sendo, este projeto objetiva a mecanização de um varal de teto residencial, visando melhoria do uso, evitando um esforço excessivo de manuseio quando principalmente o mesmo se encontra com cargas elevadas de roupas, podendo equivaler a um peso de até 30 kg. Este estudo apresenta como público alvo todas as pessoas, predominantemente o público feminino, os idosos e deficientes físicos.

A partir daí foi desenvolvida a ideia da elevação deste varal partindo de um acionamento eletromecânico, eliminando o esforço manual aplicado pela ação humana, podendo evitar assim problemas à saúde de quem o utiliza. O projeto que utiliza um parafuso e um motor assemelha-se às estratégias aplicadas nos portões de garagem eletrônicos, no entanto nos outros fatores envolvidos torna-se singular e diferenciado.

A Figura 1 apresenta um esboço do conjunto completo do projeto.

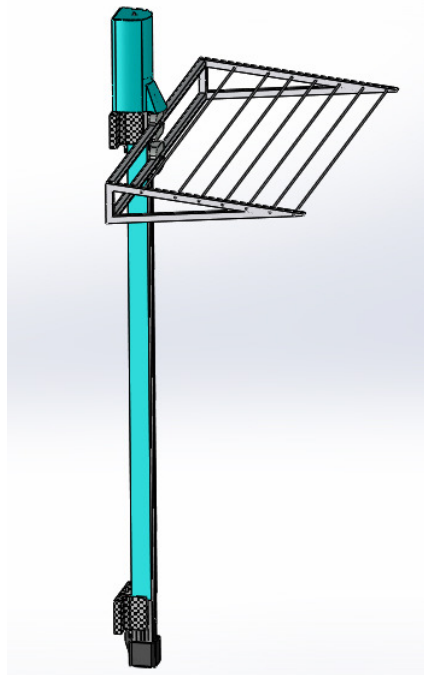


Figura 1 – Dispositivo Modelado em Solidworks®.

Após pesquisa de mercado sobre a existência de produtos similares, percebeu-se a carência de um projeto que pudesse ser produzido em larga escala possibilitando sua adesão nas diferentes classes sociais. Deste modo, esses fatores contribuíram para um incentivo ainda maior no desenvolvimento do projeto.

Para o desenvolvimento do atual trabalho foi realizado um estudo que busca a mecanização de um varal mecânico, sem perder suas funcionalidades, utilizando componentes e peças compatíveis com as existentes no mercado.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material

O varal terá capacidade de carga de roupas estendidas de 30 kg, com a aplicação de uma força de 294,3 N. Através de simulações no Solidworks® o material escolhido foi o aço SAE 1020, pois o mesmo atendeu aos esforços solicitados no projeto, suas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do aço utilizado na estrutura do varal [6].

Propriedade	Valor
Módulo de Elasticidade	200.000 N/mm ²
Módulo de Cisalhamento	77.000 N/mm ²
Resistência à Tração	420,51 N/mm ²
Densidade	7.900 kg/mm ³
Limite de escoamento	351,57 N/mm ²

2.2. Processo de Soldagem

Na Tabela 2 são apresentados os dados referentes ao processo soldagem.

Tabela 2 – Dados do processo de soldagem utilizada [3].

Tipo de Solda	MAG
Transferência	Curto circuito
Pressão	38 kgf/cm ²
Especificação do Material de Adição	Arame tubular - A5.18
Espessura da vareta de Adição	1,2 mm
Tensão Utilizada	22 CC+
Corrente Utilizada	180 A
Posição	Plana

2.3. Métodos de Cálculo

Para o dimensionamento dos componentes do projeto, foram utilizados os dados necessários obtidos por meio do cálculo da carga, dimensionamento do motor elétrico e a análise estática da estrutura de aço carbono. Os dimensionamentos foram feitos a partir da carga de elevação (30kg), a potência necessária para o acionamento e a velocidade de deslocamento ideal do varal.

2.3.1. Cálculo da Carga

Sendo Q_{el} a carga a ser deslocada, a força necessária para rotacionar o fuso é gerada por meio da carga efetiva Q_e . Para determinar Q_e o fator de atrito $\mu = 6,3^\circ$ para rosca trapezoidal com o contato aço / aço – lubrificado [5] foi escolhido, pois possui semelhança com o contato aço / nylon, devido sua característica de auto lubrificação, foi calculado também o ângulo de contato da rosca $\lambda = 55,76^\circ$. De acordo com [5] o fator de atrito na partida deve ser acrescido em mais 30%, então conforme a Equação (1) temos o valor do ângulo de atrito.

$$\beta = \mu \cdot \mu_{SEG} = 6,3^\circ \cdot 1,3 = 8,19^\circ \quad (1)$$



O valor da carga efetiva Q_e é dado pela Equação (2).

$$Q_e = Q_{el} \cdot \text{tg}(\lambda + \beta) \quad (2)$$

Como Q_{el} equivale 30 kg e a soma dos ângulos $55,76^\circ + 8,19^\circ = 63,95^\circ$, temos: $Q_e = 61,37 \text{ kg}$

2.3.2. Cálculo do Torque

O torque é determinado a partir do braço, ou raio do parafuso, vezes o Q_e com valor em kilogramas. Da Equação (3) temos:

$$T = Q_e \cdot r_m \cdot g \quad (3)$$

Sendo r_m metade do diâmetro primitivo, Equação (4), e g a aceleração da gravidade, temos na Equação (5):

$$r_m = \frac{D_m}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ mm} \quad (4)$$

$$T = 61,37 \cdot 0,0065 \cdot 9,81 = 3,9 \text{ N.m} \quad (5)$$

2.3.3. Cálculo da Rotação de Saída

Para finalizar o dimensionamento é necessário saber quantas rotações por minuto a saída do redutor deverá ter para um deslocamento que dure aproximadamente 10 segundos. Para isso, utiliza-se o passo e o comprimento de deslocamento efetivo. Deve-se então calcular o comprimento efetivo de deslocamento.

Como nossa distância equivale à distância que o varal irá percorrer, temos 1700 milímetros de fuso, menos o tamanho da bucha, que é igual a 180 milímetros, e uma folga total de 20 milímetros para cada lado. Portanto, a distância equivalente é dada pela Equação (6).

$$L_{eq} = 1700 - 180 - (2 \cdot 20) = 1.480 \text{ mm} \quad (6)$$

Em uma rotação completa o fuso desloca-se 60 milímetros, então da Equação (7) temos:

$$N^\circ \text{ de voltas} = \frac{1.480}{60} = 24,64 \text{ rotações} \quad (7)$$

Para um tempo de deslocamento de 10 segundos, dividimos as rotações pelo tempo de deslocamento, e obtemos 2,467 RPS (rotações por segundo), como necessitamos do valor em RPM (rotações por minuto) para fins de dimensionamento, multiplicamos o resultado por 60 segundos. Temos uma rotação necessária de 148 RPM.

2.3.4. Dimensionamento do motor

Para dimensionar o motor elétrico, é necessário determinar a potência necessária N com o peso de deslocamento P_e (N) e a velocidade de deslocamento v (m/s) considerando um rendimento $\eta_c = 80\%$ [2].



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

Com a distância total de deslocamento Dp (m) e o tempo de deslocamento t (s), a velocidade de deslocamento é dada pela Equação (8).

$$v = \frac{1,48}{10} = 0,148 \text{ m/s} \quad (8)$$

O peso de deslocamento é dado pela Equação (9).

$$Pe = Qe \cdot g = 61,37 \cdot 9,81 = 602,04 \text{ N} \quad (9)$$

Sendo assim temos todos os valores necessários para determinar a potência, conforme Equação (10).

$$N = \frac{Pe \cdot v}{\eta} = \frac{602,04 \cdot 0,148}{0,8} = 111,4 \text{ W} \quad (10)$$

Devido às características necessárias e um tamanho reduzido em relação à utilização de um motor elétrico acoplado a um redutor, foi escolhido o motorreductor de engrenagens descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados do Motorreductor [1].

Marca	EBMPAPST
Modelo	BCI 63 D Spur gearbox BCI-63.55-D 22
Potência	117,6 W
Rotação	150 rpm
Corrente	4,9 A
Tensão	24 V
Torque	4,8 N.m
Engrenamento	2 estágios
Peso	2,1 Kg

2.3.5. Cálculo do Parafuso de Transmissão

A Figura 1 representa os tipos de filetes de roscas utilizados para transmissão de potência, para este projeto, devido à movimentação vertical ser para ambos os sentidos, foi selecionado o tipo de rosca trapezoidal.

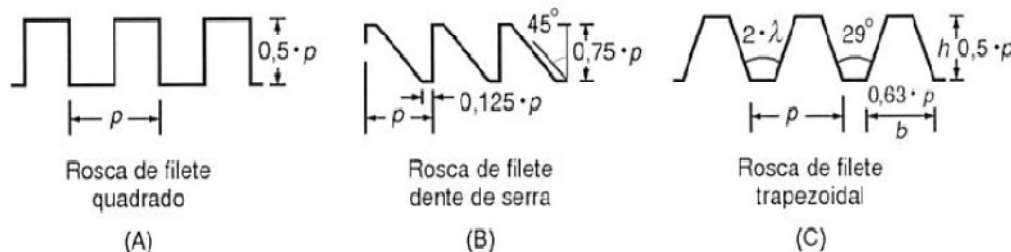


Figura 1 – Tipos de Filetes de Roscas Utilizados para transmissão de Potência [5].

2.3.5.1. Esbeltez do Parafuso

Conforme [5], os parafusos projetados para trabalhar na vertical devem ser verificados à flambagem, ao menos que seu índice de esbeltez seja menor que 35. O parafuso será



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

dimensionado simplesmente com a verificação da tensão atuante em comparação com a admissível. Como A_r é a área da raiz do parafuso, temos $r_r = 4 \text{ mm}$ e da Equação (11):

$$A_r = \pi \cdot r_r^2 = \pi \cdot 4 = 50,26 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

A tensão atuante é dada pela Equação (12).

$$\sigma_c = \frac{P}{A_r} = \frac{294,3}{50,26} = 5,85 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \quad (12)$$

Esta tensão deverá ser menor que a admissível. Como se trata de uma tensão de compressão deve-se utilizar 20% maior que a de tração. Caso o índice de esbeltez $\lambda_p > 35$, deve-se adotar uma fórmula adequada para o cálculo em função do mesmo, de forma semelhante ao cálculo de uma coluna. O λ_p é calculado conforme Equação (13).

$$\lambda_p = \frac{4 \cdot l_f}{d_r} = \frac{4 \cdot 1700}{8} = 850 \quad (13)$$

Verifica-se que $\lambda_p > 35$, deve-se então levar em conta a flambagem, e para continuar o estudo, segundo [5], adotam-se os cálculos semelhantes a de uma coluna.

2.3.5.2. Tensão de Flambagem

Para calcular a tensão de flambagem, sendo o módulo de elasticidade $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$, de acordo com [5], utiliza-se a Equação (14).

$$\sigma_{fl} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{850^2} = 2,73 \text{ MPa} \quad (14)$$

2.3.5.3. Dimensionamento do Parafuso de Transmissão

Conforme os resultados obtidos nos cálculos apresentados, os dados do fuso de transmissão de movimento são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados do Parafuso de Transmissão.

Tipo de Rosca	Trapezoidal
Ângulo dos Filetes	29°
Diâmetro	18 mm
Diâmetro de Raiz	8 mm
Diâmetro Primitivo	13 mm
Nº de Entradas no Fuso	6
Passo	10 mm
Avanço	60 mm
Comprimento	1700 mm
Material	Aço SAE 1020

3. RESULTADOS

Para análise da estrutura foi utilizado o software Solidworks® versão 2013, foi considerada uma carga de elevação distribuída uniformemente de 300 N e posteriormente, no estudo com



cargas extras, foi utilizada uma soma da carga distribuída de 300 N, e uma carga concentrada nos extremos de 500 N.

Na Figura 2 pode-se verificar que a maior tensão foi 72,4 MPa que é menor que o limite de escoamento do material utilizado.

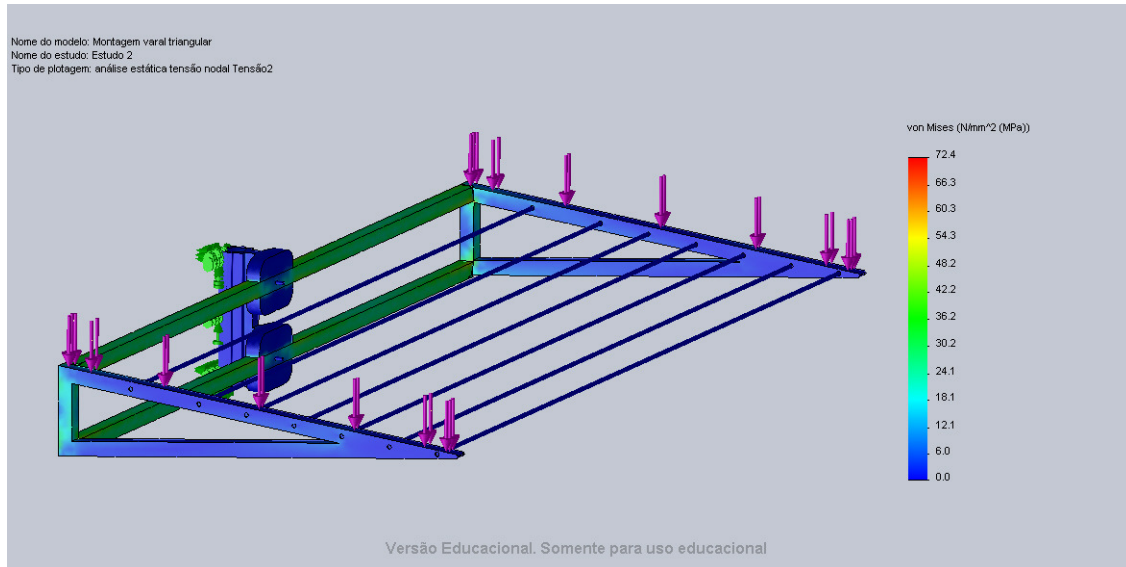


Figura 2 – Ensaio de Tensão Cortante Solidworks®.

Na Figura 3 é apresentado o ponto crítico de tensão, onde foi feito um corte isométrico de tensões, mostrando somente as tensões acima de 60 MPa, pode-se verificar que apenas 0,05% do volume do material sofre este esforço.

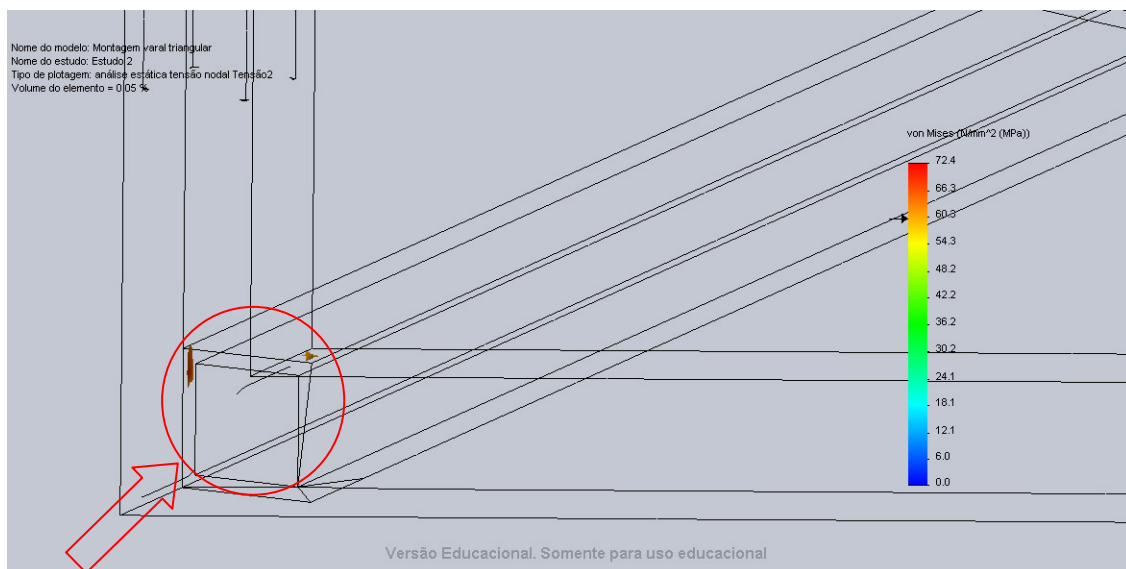


Figura 3 – Região Ampliada da Tensão Gerada Solidworks®.

Na Figura 4 é mostrado o deslocamento de deformação máxima ocasionado pelas cargas que se encontram nos extremos do perfil, pode-se verificar que a deformação máxima foi de 6,7 milímetros.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

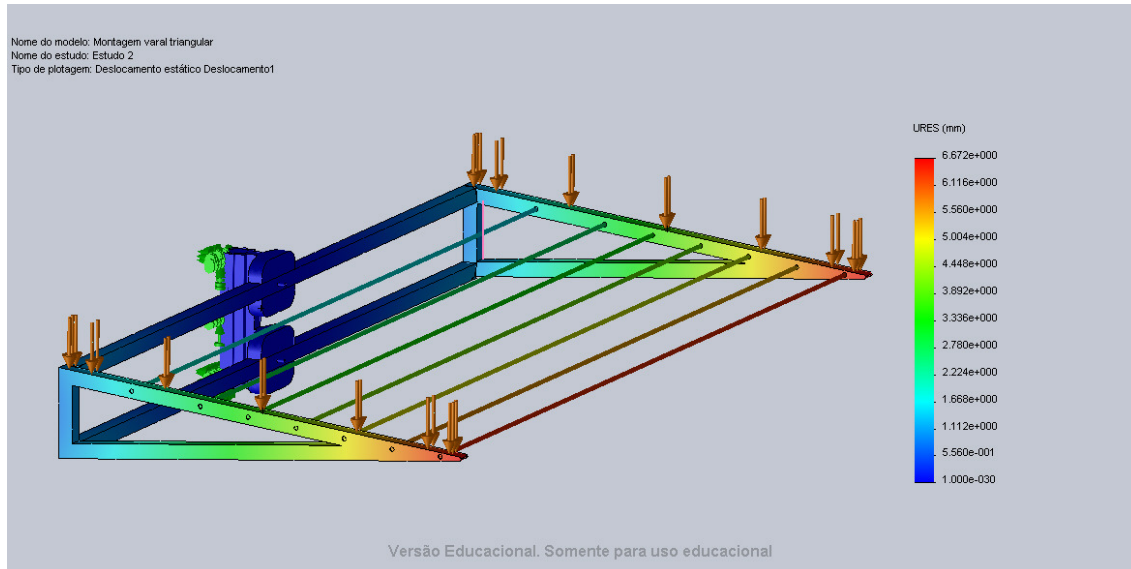


Figura 4 – Flexão na Armação Solidworks®.

A Figura 5 mostra que o coeficiente de segurança resultante na estrutura do varal foi de 4,6.

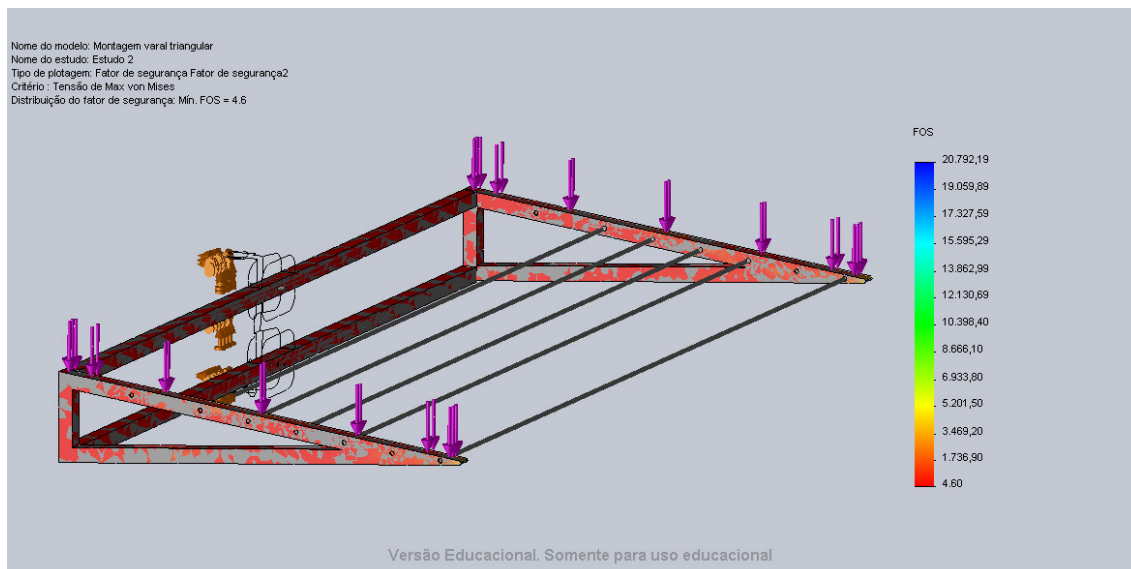


Figura 5 – Coeficiente de Segurança da Estrutura Solidworks®.

O estudo a seguir foi calculado com base nos esforços exercidos em circunstâncias imprevisíveis ou acidentais, nesta simulação foi utilizada uma carga distribuída de 300 N, e uma carga adicional concentrada nos extremos de 500 N.

Na Figura 6 pode-se verificar que a maior tensão foi 250,5 MPa que é menor que o limite de escoamento do material utilizado.

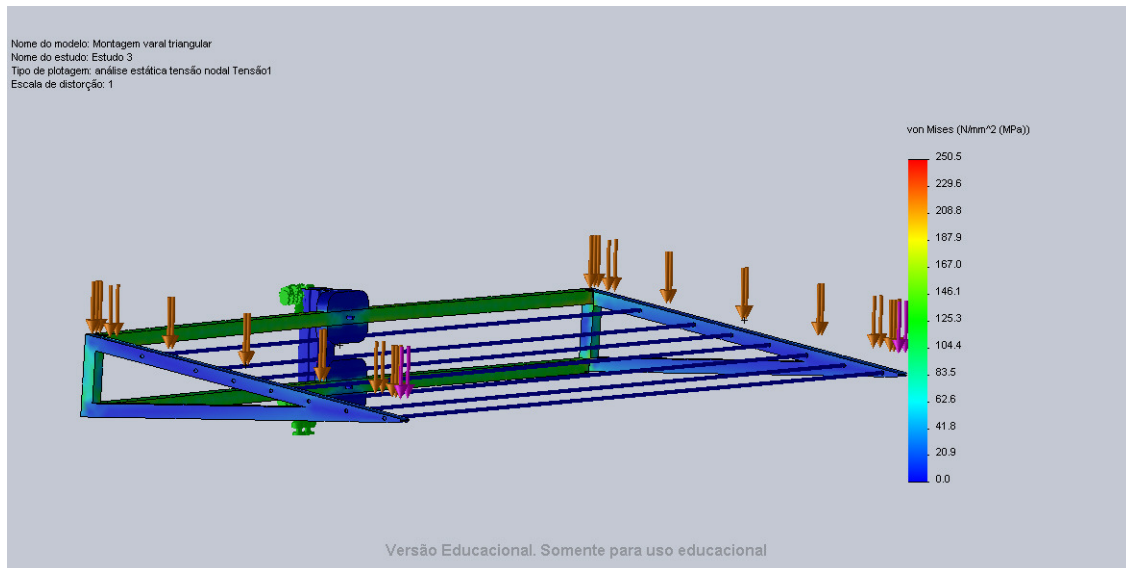


Figura 6 – Ensaio de Tensão Cortante com Esforços Extras Solidworks®.

A Figura 7 demonstra o ponto crítico da tensão por meio de um zoom na figura para melhor visualização. Foi realizado um corte isométrico de tensões, mostrando somente as tensões acima de 200 MPa, pode-se verificar que apenas 0,06% do volume do material sofre este esforço e ele ocorreu no mesmo local do estudo anterior.

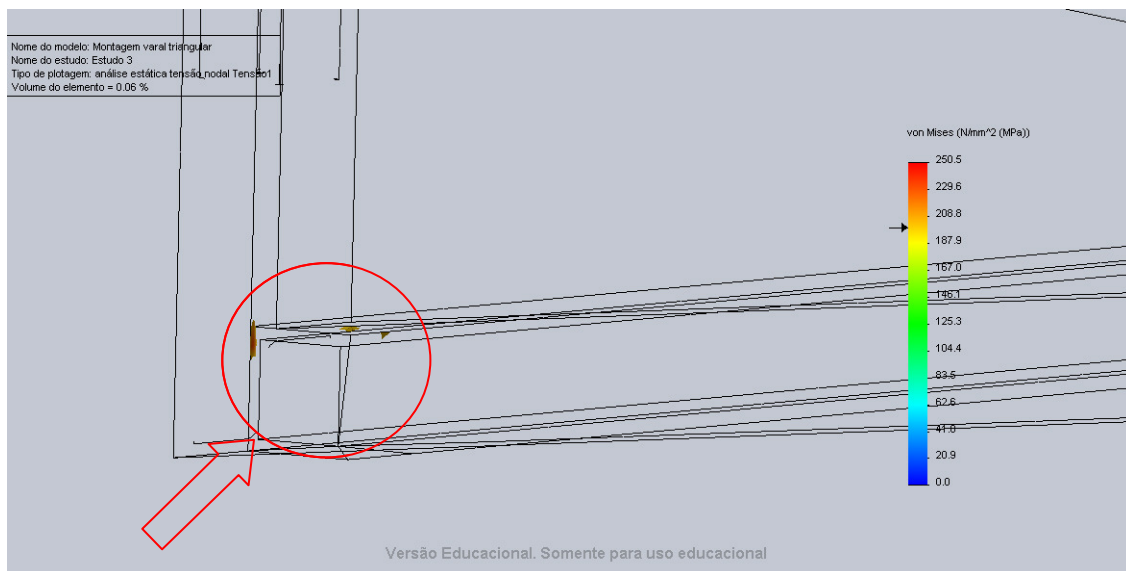


Figura 7 – Região ampliada da tensão gerada Solidworks®.

Na Figura 8 é mostrado o deslocamento de deformação ocasionado pelas cargas, pode-se verificar que a deformação máxima foi de 28 milímetros, um valor maior do que no mesmo ensaio feito anteriormente.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

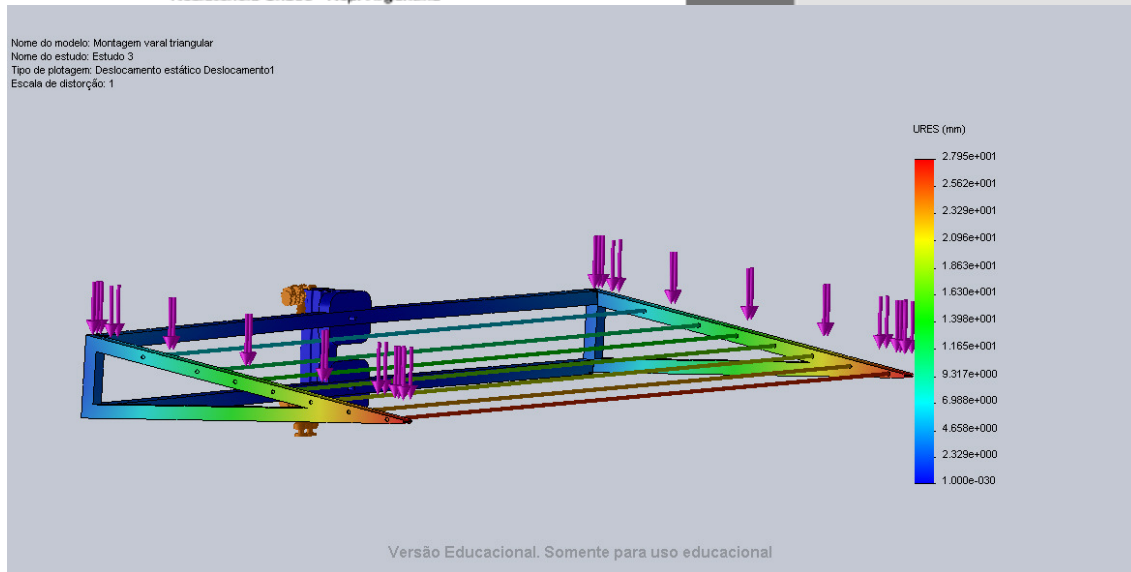


Figura 8 – Flexão na Armação com Carga Extra Solidworks®.

A Figura 9 mostra que o coeficiente de segurança para este ensaio com cargas extras, resultante na estrutura do varal foi de 1,21, um valor mais baixo que o obtido no ensaio anterior.

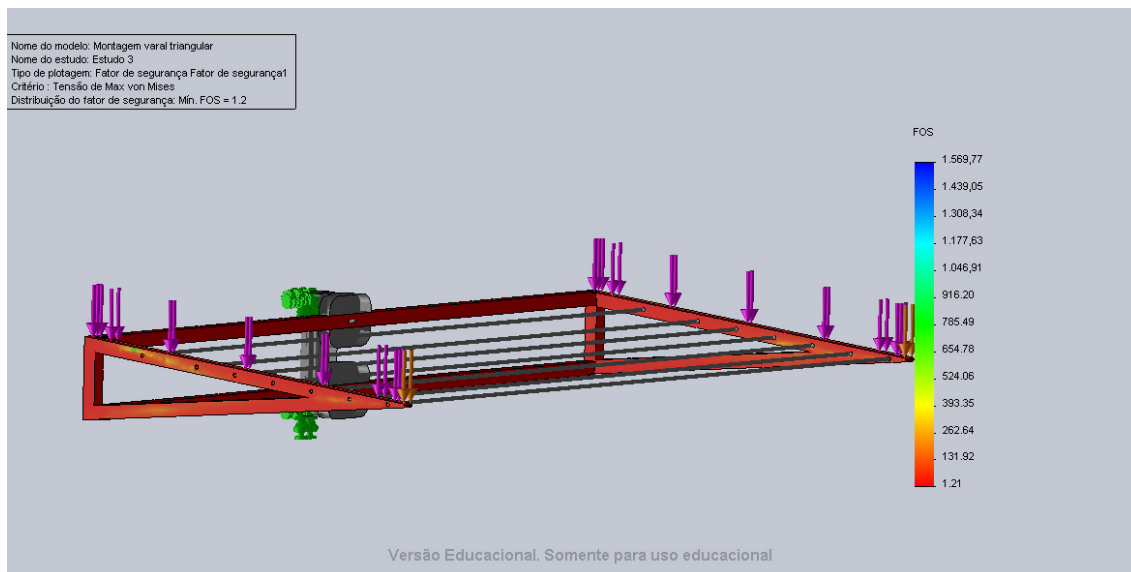


Figura 9 – Coeficiente de Segurança da Estrutura com Cargas Extras Solidworks®.

A Tabela 5 apresenta um comparativo dos resultados obtidos nos estudos realizados.

Tabela 5 – Resultados do Estudo Realizado no SolidWorks®.

	Ensaio com Carga de 300N	Ensaio com Carga Extra
Tensão Máxima (MPa)	72,4	250,5
Deformação (mm)	6,7	28
Coeficiente de Segurança	4,6	1,21



4. CONCLUSÕES

Com a análise de aplicação dos materiais, dimensionamento dos componentes e as simulações desenvolvidas no Solidworks®, pode-se concluir que o varal eletromecânico atende os objetivos pré-determinados de funcionamento. Seu funcionamento, otimização de espaço e o uso de baixa tensão de acionamento, tornam esse projeto viável para o uso em áreas domésticas. Sua forma de utilização evita movimentos e posições prejudiciais à saúde de acordo com os aspectos ergonômicos.

Com os resultados obtidos através das simulações demonstradas conclui-se que para seu funcionamento normal de deslocar verticalmente as roupas no estado de máxima carga de elevação (300 N) e máxima carga suportada (800 N), obteve-se um coeficiente de segurança aceitável, evitando acidentes e/ou danos ao dispositivo.

5. REFERÊNCIAS

- [1] EBMPAPST - Empresa Fabricante de Motores: Catálogo de motores BCI, Disponível em: <http://www.ebmpapst.com>, Acesso em outubro de 2013.
- [2] Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston Jr e John T. Dewolf, Mecânica dos Materiais, 5ª Ed., Mc Graw Hill, São Paulo, Brasil, 2011.
- [3] Horst Witte, Máquinas Ferramenta: Elementos Básicos de Máquinas e Técnicas de Construção, Editora Hemus, São Paulo, 1998.
- [4] Itiro Iida, Ergonomia: Projeto e Produção, 2ª Ed, Edgard Blücher, São Paulo, 2005.
- [5] Lamartine Bezerra da Cunha, Elementos de Máquinas, 1ª Ed, Editora Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2005.
- [6] Vicente Chiaverini, Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica, 2ª Ed, Pearson Education do Brasil, São Paulo, 1986.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNISANTA - Universidade Santa Cecília pelo apoio recebido durante toda a execução desta pesquisa e a todos que colaboraram para a produção deste artigo.