

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DE ELEMENTOS DE LIGAÇÃO EM PRENSA HORIZONTAL DE USINA DE TRIAGEM DE MATERIAL

Jusley da Silva Souza, jusleysouza@hotmail.com¹

Alexandre L. A. Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹

Walter S. Sousa, wss@ufpa.br²

¹Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético (PPGINDE), Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí, Rua Itaipu, 36 - Vila Permanente, 68464-000, Tucuruí – PA, Brasil

²Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Universitário de Tucuruí (CAMTUC), Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí, Rua Itaipu, 36 - Vila Permanente, 68464-000, Tucuruí – PA, Brasil

Resumo: Diante de problemas ambientais relacionados ao ineficiente tratamento de lixo urbano, a reciclagem de resíduos sólidos surge como uma ótima solução. Então, usinas de triagem são necessárias para que este material passe pela separação e, posteriormente, enfardamento. Muitas vezes, equipamentos usados nesses processos são fabricados a partir de adaptações de componentes de outras máquinas, o que torna imprescindível essa análise de resistência visando a integridade estrutural da máquina e a segurança dos operadores. Este trabalho apresenta um estudo de verificação da resistência de elementos de ligação de uma prensa horizontal usada para o enfardamento em uma determinada usina de triagem de lixo urbano. As análises de resistências em pinos e parafusos da máquina foram feitas usando o Método dos Elementos Finitos. Como resultado, os valores de tensão máxima determinados nas análises não excedem os limites de resistência do aço estrutural utilizado. Sendo assim, para as condições operacionais recomendadas, não há a possibilidade de falhas nos pinos e parafusos da prensa quando em operação. Adicionalmente são sugeridas algumas melhorias à máquina para fins de segurança e eficiência operacional.

Palavras-chave: Prensa enfardadeira horizontal, simulação computacional, integridade estrutural, pinos e parafusos.

1. INTRODUÇÃO

Em uma usina de triagem e compostagem [1,3,5] separa-se todo o material inorgânico (papel, plástico, metais, vidros) e então esses materiais são enfardados. Na usina o trabalho é constituído das seguintes etapas: o lixo é depositado por um caminhão basculante na área delimitada; os operários separam manualmente todos os elementos recicláveis inorgânicos; os materiais separados são enfardados em prensas: horizontal ou vertical (Fig. 1) e finalmente o material prensado é armazenado e encaminhado para venda à empresas de reciclagem.

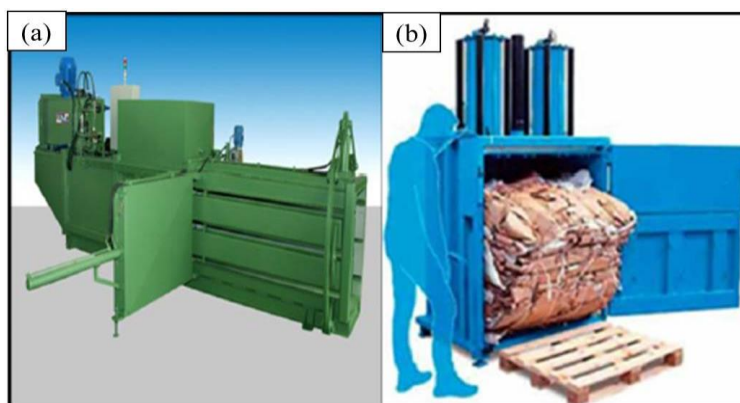


Figura 1. Prensas enfardadeiras. (a) horizontal; (b) vertical. [2]

Em pequenas usinas de triagem, devido ao custo, muitas vezes as prensas são construídas artesanalmente semelhantes às vendidas comercialmente, ou seja, são feitas a partir de adaptações de outras máquinas [4]. E nesses

casos uma análise das condições operacionais de seus componentes faz-se necessária. Neste trabalho é feita a análise de resistência de pinos e parafusos em uma prensa enfardadeira horizontal usando o método dos elementos finitos. Na análise da máquina, verificou-se que algumas melhorias podem ser implementadas para melhor segurança e desempenho operacional como melhor descrito nas seções seguintes.

2. METODOLOGIA

A Fig. 2a apresenta a prensa enfardadeira horizontal sob estudo e as suas dimensões gerais. A estrutura dispõe de uma caixa de abastecimento por onde o material a ser prensado será inserido; uma caixa de compactação, onde o material será prensado pelo cilindro hidráulico traseiro; e uma caixa de prensagem horizontal. Para o início das análises foi feito o desenho do equipamento sob análise em *SolidWorks*, conforme Fig. 2b.

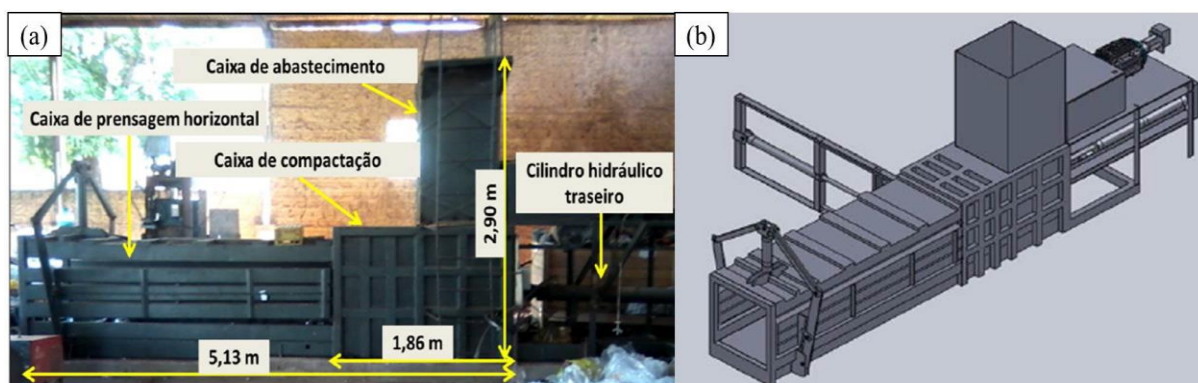


Figura 2. Prensa enfardadeira sob estudo. (a) Componentes; (b) Desenho da prensa.

Na caixa de prensagem horizontal há o mecanismo que realiza o travamento da saída de material para início da prensagem na caixa de compactação. As vigas do mecanismo são articuladas por 07 pinos e 02 parafusos sextavados, conforme localização apresentada na Fig. 3b.

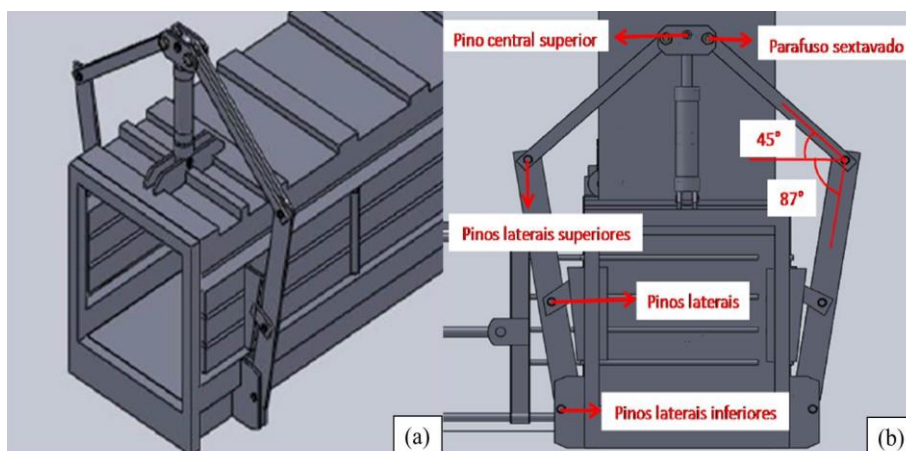


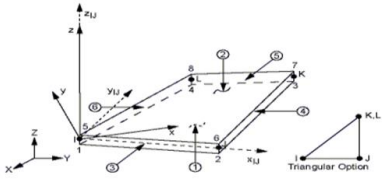
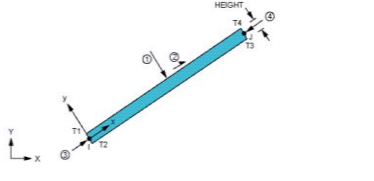
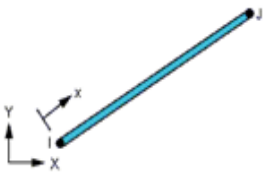
Figura 3. Detalhes da caixa de prensagem horizontal. (a) Vista 3D; (b) Pinos analisados.

Para que as forças atuantes nos pinos laterais fossem determinadas, foi elaborado um modelo computacional no *software ANSYS 11.0*. Inicialmente, foi determinado o valor da força de prensagem. A partir da força de prensagem foram determinadas as forças atuantes no mecanismo de prensagem lateral e em seguida determinadas as forças atuantes nos pinos e parafusos. Ao realizar a análise estrutural dos pinos e parafusos que estão sob cisalhamento duplo, foram estabelecidas as condições de contorno de deslocamento nulo nas extremidades dos mesmos e aplicação dos esforços no centro desse componente, conforme mostrado na Fig. 4 abaixo. Com essas análises foi possível avaliar o estado de tensão desses componentes, de maneira que é possível avaliar as condições de resistência do material.

3. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Posterior a geometria, a simulação computacional foi realizada utilizando método de elementos finitos para verificação da resistência de elementos de ligação, pinos e parafusos da máquina. Na análise primeiramente foram determinados os elementos conforme Quadro 1.

Quadro 1. Elementos utilizados na análise numérica.

Características dos elementos usados na análise	
SHELL63 – Permite carregamento normal e transversal, o elemento tem 6 graus de liberdade em cada nó: permitindo translação e rotação nos eixos x, y e z.	
BEAM3 – É um elemento uniaxial com capacidade de suportar tensão, compressão e flexão. O elemento tem 3 graus de liberdade em cada nó: permitindo translação nos eixos x, y e rotação no eixo z.	
LINK1 – Pode ser usado em uma variedade de aplicações na engenharia. O elemento de barra 2D é uniaxial com capacidade de suportar tensão e compressão, têm 2 graus de liberdade em cada nó: permitindo translação nos eixos x e y.	

Devido a ausência de diversas informações da prensa fabricada, principalmente do sistema hidráulico da mesma, foi necessário realizar algumas aproximações sobre os esforços que são gerados pelos cilindros a partir de informações fornecidas por empresas que comercializam estes equipamentos. A empresa Recipress – fornecedora de prensas enfardadeiras – trabalha com prensas de diversas capacidades, obtendo fardos com tamanho e pesos específicos. É informado pelo referido fornecedor que para a produção de fardos de 200 kg é necessário aplicar uma força de 20 toneladas e para um fardo de 350 kg é necessário aplicar uma força de 22 toneladas. Considerando que o peso dos fardos a serem produzidos na usina deverão ter 300 kg, a força necessária de prensagem – utilizando interpolação linear – é de 21,33 toneladas (209.247,3 N).

Para que as forças atuantes nos pinos laterais fossem determinadas, foi elaborado um modelo computacional no software ANSYS 11.0. Este modelo simplificado foi elaborado em duas dimensões (2D), sendo definido um elemento plano (Shell63), conforme Quadro 1, que permita carregamento normal, transversal e axial, que represente o lixo sendo prensado. Nesse modelo foram colocadas condições de contorno de deslocamento nos nós definidos pelos pontos onde estão ocorrendo a prensagem lateral e a articulação da comporta lateral. Considerando que se pretende determinar apenas os esforços nas restrições do modelo, não importa informar ao software os valores definidos pela propriedade do material simulado, de maneira que tais informações seriam importantes somente para avaliar as condições de deformação do modelo.

Assim, no modelo foi considerado que a caixa de prensagem horizontal estava totalmente preenchida com material e que o mecanismo de prensagem lateral estava acionado, de maneira que o material prensado obtivesse o formato mostrado na Fig. 4. Assim, aplicando-se a força de 209.247,3 N, conforme estabelecido anteriormente, na região definida pela atuação do cilindro traseiro, de maneira distribuída, é possível determinar o esforço que seria necessário para a prensagem lateral, definido pelos resultados das reações de apoio na parte superior do modelo.

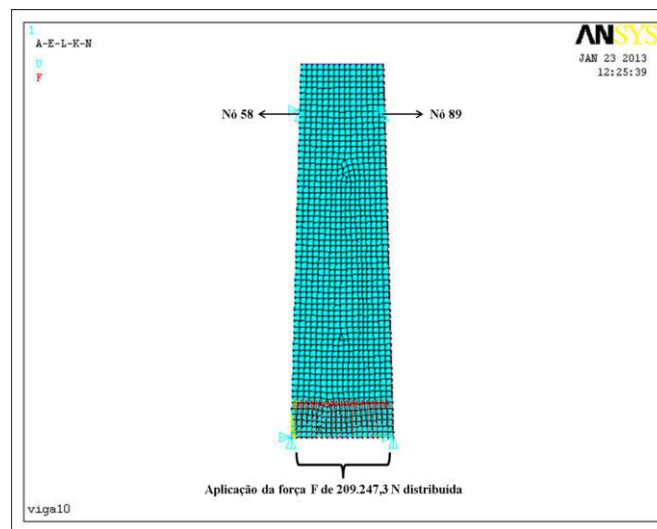


Figura 4. Modelo computacional representando a prensagem de material.

Após a solução do modelo, foram obtidos os valores das reações de apoio. As forças atuantes nos nós 58 e 89 são 1.999,1 N e 2.000,6 N, respectivamente. Estes esforços representam a força necessária a ser aplicada lateralmente para a prensagem lateral. E a força considerada para a próxima análise é a atuante no nó 89 (2.000,6 N).

Para a determinação da força necessária do cilindro hidráulico (posicionado na vertical), foi elaborado outro modelo computacional, sendo representado apenas um lado do mecanismo de prensagem lateral. Nesse modelo foi utilizado o elemento *Beam3* para as vigas inferiores e o elemento de barra (*Link1*) para vigas superiores – devido à articulação existente entre vigas inferiores e superiores – com as propriedades do aço estrutural SAE 1020: módulo de elasticidade de 200 GPa e densidade 7850 kg/m³. Ressalta-se que as propriedades da seção foram inseridas de acordo com as dimensões de cada viga. Nesse modelo foi aplicada a força determinada no modelo anterior de 2.000,6 N no ponto do mecanismo que aciona a comporta lateral, além de aplicar restrições de movimento de translação no parafuso sextavado e pino lateral inferior desse mecanismo. Considerando que o cilindro hidráulico vertical está ligado a um elemento que aciona os dois lados do mecanismo, o resultado dessa solução corresponde à metade da força necessária a ser aplicada por este cilindro. Essa modelagem é mostrada na Fig. 5

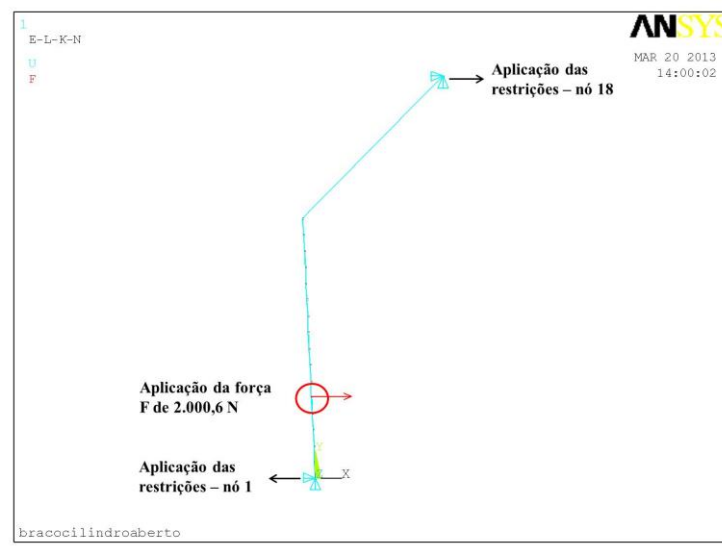


Figura 5. Modelo computacional do mecanismo de prensagem lateral.

Logo, com a solução do modelo computacional, obtém-se uma força vertical de 803,43 N no parafuso sextavado. Como mencionado anteriormente, a força que deverá ser exercida pelo cilindro vertical será o dobro deste valor, ou seja, 1.606,86 N.

Após a determinação da força necessária no cilindro hidráulico posicionado na vertical, é possível através da decomposição de forças nas vigas, conforme Fig. 6, obter os esforços que ocorrem em cada pino da estrutura. Os valores dos esforços estão definidos na Tab. 1.

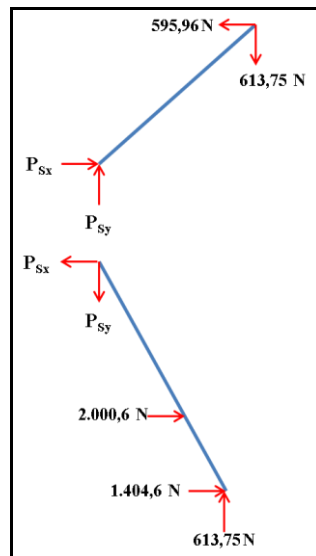


Figura 6. Esquema da decomposição de forças na viga superior e inferior.

Tabela 1. Valor dos esforços atuantes.

Componente	Esforço atuante
Pinos laterais superiores	855,49 N
Parafusos sextavados	855,49 N
Pino Central	1.227,5 N
Pinos laterais inferiores	1.532,8 N
Pinos laterais	2.000,6 N

Ao realizar a análise estrutural dos pinos e parafusos que estão sob cisalhamento duplo, foram estabelecidas as condições de contorno de deslocamento nulo nas extremidades dos mesmos e aplicação dos esforços no centro desse componente, conforme mostrado na Fig. 7. Com essas análises foi possível avaliar o estado de tensão desses componentes, de maneira que é possível avaliar as condições de resistência do material.

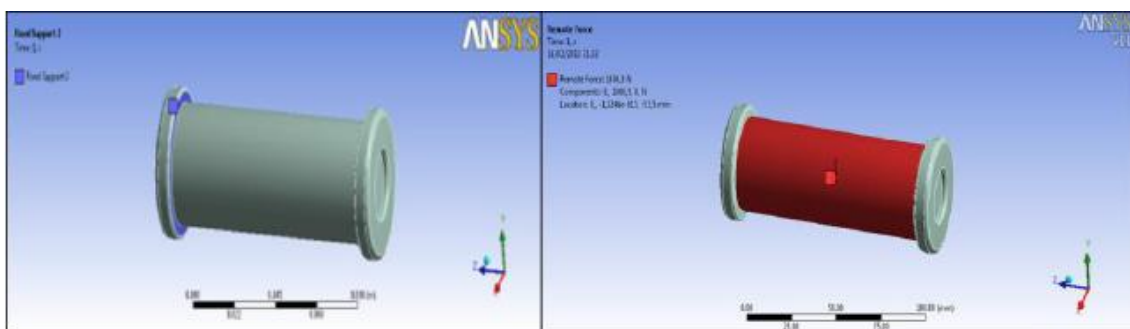


Figura 7. Pino central sendo analisado no software de elementos finitos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após determinação dos esforços em cada pino e parafuso da estrutura foram realizadas as análises do estado de tensão desses componentes, e assim avaliar as suas resistências. Alguns resultados das análises estão apresentados na Fig. 8 e de forma completa na Tab.2.

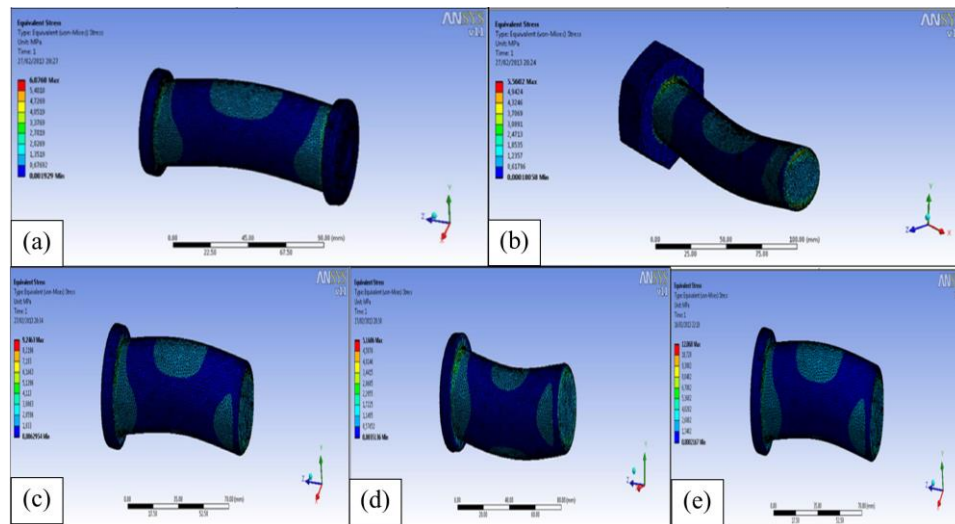


Figura 8. Tensões desenvolvidas nos elementos de ligação. (a) Pino central; (b) Parafuso sextavado; (c) Pino lateral inferior; (d) Pino lateral superior; (e) Pino lateral.

Tabela 2. Resultados da análise FEM para as tensões desenvolvidas.

Componente	Tensão Máxima Desenvolvida
Pino lateral superior	5,16 MPa
Parafuso sextavado	5,56 MPa
Pino central	6,08 MPa
Pino lateral inferior	9,25 MPa
Pino lateral	12,07 MPa

Ressalta-se que os valores de tensão máxima determinados nas análises não excedem os limites de resistência do aço estrutural SAE 1020, em torno de 250 MPa. Sendo assim, para as condições operacionais recomendadas, não há a possibilidade de falhas nos pinos e parafusos.

Além da análise das resistências dos pinos e parafusos, várias sugestões de melhorias para a prensa foram realizadas, dentre elas estão: para a segurança do operador da máquina e dos funcionários que lá trabalham, se faz necessário a delimitação da área física da prensa por guarda-corpos, devido ao processo de funcionamento da máquina. Em relação ao local de montagem do cilindro hidráulico de amarração, necessita-se de uma caixa de proteção, pois cilindros trabalham com fluidos, não sendo recomendada a exposição à poeira e resíduos do local.

4.1. Conclusões

O presente trabalho apresentou resultados de análises de tensões em elementos de ligação do mecanismo de prensagem em uma prensa enfardadeira horizontal, que fora construída sem dimensionamento prévio, requerendo, portanto, tal análise de integridades estrutural de seus componentes. Verificou-se que para os esforços submetidos, os elementos de ligação suportarão tais carregamentos, pois os níveis de tensões a que ficarão submetidos estão bem aquém do limite de resistência do material constituinte. Além das análises por elementos finitos foram sugeridas melhorias em relação à segurança e eficiência operacional.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Catapreta, C. A. A., 2007, “Manual para operação de unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos”, Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais.
- [2] Forzan. “Catálogo de Prensas”, disponível em <<http://www.forzan.com.br/>> acesso em: 20 julho de 2012.
- [3] Melo, V. S., 2011, “Requisitos para a implantação de uma usina de triagem e compostagem no município de Telêmaco Borba-PR”, Monografia de Pós-Graduação em Gestão Pública, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba.
- [4] Ramos, V. M., Fonseca, W. S. e Jesus, K. M. S., 2012, “Automação de sistemas de prensas hidráulicas para usinas de reciclagem”, Trabalho apresentado ao 40º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém.
- [5] Vimieiro, G. V. et al., 2009, “Trabalho e qualidade de vida em usinas de triagem e compostagem de resíduos urbanos”, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

RESISTANCE ANALYSIS OF ELEMENTS OF CONNECTION OF A HORIZONTAL BALING PRESS FROM A RECYCLING PLANT

Jusley da Silva Souza, jusleysouza@hotmail.com¹

Alexandre L. A. Mesquita, alexmesq@ufpa.br¹

Walter S. Sousa, wss@ufpa.br²

¹Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético (PPGINDE), Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí, Rua Itaipu, 36 - Vila Permanente, 68464-000, Tucuruí – PA, Brasil

²Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Universitário de Tucuruí (CAMTUC), Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí, Rua Itaipu, 36 - Vila Permanente, 68464-000, Tucuruí – PA, Brasil

Abstract. *In the face of environmental problems related to the inefficient treatment of urban waste, solid waste recycling appears as a great solution. So, sorting plants are required for this material (solid waste) to pass through the separation and then baling. Often, equipment used in these processes is fabricated from adaptations of components of other machines, which makes essential this resistance analysis aiming at the structural integrity of the machine and the safety of the operators. This paper presents a study to verify the resistance of connecting elements from a horizontal baling press used in a recycling sorting plant of urban waste. Resistance analysis on pins and screw of the machine were made using the Finite Element Method. As a result, the maximum stress values determined in the analysis do not exceed the strength limits of the structural steel used. Therefore, for the recommended operating conditions, there is no possibility of pin and screw failures when in operation. In addition, some improvements to the machine are suggested for safety and operational efficiency purposes.*

Keywords: *Horizontal baling press, Computer simulation, structural integrity, pin and screw.*