

# PROJETO EXECUTIVO DE UMA MÁQUINA PARA FABRICAÇÃO DE MOLAS BONNEL

**Paulo Loiola de Jesus**

e-mail: paulo812@click21.com.br

**Resumo:** O escopo deste trabalho é apresentar o projeto executivo da máquina para fabricação de molas Bonnel, mostrando de forma concisa as demais etapas que compõem o projeto. As etapas iniciais do projeto farão uma estimativa grosseira do sistema e seus subsistemas, enumerando os requisitos da máquina; as etapas intermediárias farão uma estimativa das dimensões da máquina, caracterizando-a através de seus subsistemas, e como estes se relacionam entre si; as etapas finais cuidarão dos recálculos e verificações, com a finalidade de garantir que todos os requisitos do projeto realmente estarão satisfeitos. Serão levados em consideração fatores de segurança conservadores nas etapas iniciais do projeto; nas etapas intermediárias, o fator de segurança dos componentes do projeto poderá diminuir devido às possíveis otimizações; deseja-se, por imposição do projetista, um fator de segurança na etapa final aproximadamente três, devido às características do projeto. Após a finalização do projeto executivo, um protótipo da máquina será produzido. Listas de componentes e listas de materiais serão elaboradas simultaneamente aos desenhos, facilitando a confecção da planilha de custos do projeto. Como o escopo do presente trabalho é a apresentação do projeto executivo, as demais etapas serão apresentadas de forma resumida, mostrando uma visão do projeto em linhas gerais.

**Palavras chave:** molas, máquina, Bonnel, projeto

## 1. Introdução

O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo apresentar de maneira concisa a metodologia empregada no projeto executivo de uma máquina para fabricação de molas do tipo *Bonnel*; estas molas são amplamente utilizadas na montagem de molejos para colchões, por apresentar vantagens em relação a outros tipos de molas para colchões, como a mola *Pocket*. Deseja-se uma máquina capaz de produzir molas *Bonnel* com alta produtividade e baixo custo de manutenção. O escopo deste trabalho é apresentar o projeto executivo da máquina, apresentando de forma resumida as demais etapas do projeto.

Serão utilizadas ferramentas *CAD* para elaboração de todos os desenhos da máquina, definição de tolerâncias dimensionais e tolerâncias geométricas e simulação de funcionamento dos subsistemas da máquina; softwares *CAE* serão empregados na otimização do projeto e implementação de análises estáticas e dinâmicas pelo método dos elementos finitos em peças de importância crítica; softwares *CAM*, por sua vez, serão utilizados na elaboração de rotinas para fabricação de componentes em fresadora vertical *CNC*. Tais softwares serão escolhidos utilizando-se critérios econômicos, como o custo-benefício, tempo de processamento, necessidade de treinamento, e critérios práticos, como a facilidade de manuseio, apresentação da interface gráfica e flexibilidade do software.

Percebe-se uma justificativa acadêmica na escolha do tema: devido à sua relativa complexidade, o problema proposto exigirá conhecimentos em diversas disciplinas das áreas mecânica, térmica e fluídica; outro motivo para a escolha do tema é a existência do interesse de empresas no patrocínio do projeto e fabricação de um protótipo.

### 1.1. Fundamentação Teórica

Dado um critério de falha e um componente qualquer, entende-se por método direto de dimensionamento aquele que calcula as dimensões do componente a partir da configuração de montagem e cargas atuantes. Método iterativo é aquele que estabelece uma dimensão para o componente, faz uma checagem utilizando os critérios de falha e, caso ocorra a falha pelo critério escolhido, redimensiona-se o componente; o processo se repete até que o conjunto de critérios de falha escolhido esteja plenamente satisfeito. O método iterativo pode também ser utilizado para otimização do projeto (redução de massa e redução de custos).

Em elementos de máquinas, cada tipo de componente possui critérios de dimensionamento baseados em algum tipo de falha. Adicionalmente, para cada componente há uma definição diferente de falha: por exemplo, pode ocorrer falha por escoamento do material (deformação permanente), máxima deflexão, fadiga etc. Em todos os dimensionamentos, preferiu-se por conveniência prática a adoção do método iterativo (*Design Check*), utilizando-se os principais critérios de dimensionamento de elementos de máquinas encontrados na literatura, bem como análises adicionais pelo método dos elementos finitos em peças de importância crítica.

### 1.2. Metodologia

A metodologia empregada no presente trabalho se baseia no desenvolvimento do projeto executivo da máquina através de sua espiral, utilizando softwares comerciais de *CAD* – Computer-Aided Design, *CAE* – Computer-Aided Engineering e *CAM* – Computer-Aided Manufacturing, bem como ferramentas administrativas *PDM* – Product Data Management.

As etapas iniciais do projeto farão uma estimativa grosseira do sistema e seus subsistemas, enumerando os requisitos da máquina; as etapas intermediárias farão uma estimativa das dimensões da máquina, caracterizando-a

através de seus subsistemas, e como estes se relacionam entre si; as etapas finais cuidarão dos recálculos e verificações, com a finalidade de garantir que todos os requisitos do projeto realmente estarão satisfeitos.

Todos os cálculos de dimensionamento das peças sujeitas a cargas estáticas ou dinâmicas serão efetuados levando-se em consideração as seguintes hipóteses: pequenos deslocamentos, pequenas deformações, regime elástico-linear e materiais isotrópicos; os critérios de dimensionamento baseados no escoamento serão: o critério de *Von Mises* (máxima energia de distorção) e o critério de *Tresca* (máxima tensão de cisalhamento); o critério de dimensionamento baseado no máximo deslocamento será utilizado sempre que os deslocamentos observados forem da mesma ordem de grandeza das tolerâncias, para garantir a montagem entre os componentes. Utiliza-se em todos os cálculos o sistema internacional de unidades *SI*; em todos os desenhos seguem-se rigorosamente os padrões definidos na norma *DIN*.

Serão levados em consideração fatores de segurança conservadores nas etapas iniciais do projeto; nas etapas intermediárias, o fator de segurança dos componentes do projeto poderá diminuir devido às possíveis otimizações; deseja-se, por imposição do projetista, um fator de segurança na etapa final aproximadamente igual a três, devido às características e ao porte do projeto.

Após a finalização do projeto executivo, um protótipo da máquina será produzido. A produção em série da máquina exigiria a produção de vários componentes por fundição, mas não é o caso para apenas um protótipo; todos os componentes serão usinados, exceto os componentes comprados, como parafusos, rolamentos, motores, redutores etc. Tal restrição se justifica devido aos custos envolvidos na preparação de moldes, por exemplo. Listas de componentes e listas de materiais serão elaboradas simultaneamente aos desenhos, facilitando a confecção da planilha de custos do projeto.

Como o escopo do presente trabalho é a apresentação do projeto executivo da máquina, as demais etapas (estudo de viabilidade, anteprojeto, planejamento da produção, planejamento da disponibilização ao cliente, planejamento da utilização do produto) serão apresentadas de forma resumida, mostrando uma visão do projeto apenas em linhas gerais.

## 2. Desenvolvimento do Projeto

### 2.1. Requisitos do projeto

Colchão é um objeto colocado sobre o estrado de uma cama e que serve para tornar o ato de dormir mais confortável. Os tipos mais comuns de colchões são de espuma de poliuretano, de molas, caixa ortopédica e de látex. Utilizam-se duas matérias primas básicas para a produção de espuma, ambas derivadas do petróleo: o *TDI* (Tolueno Dissocianato de Metila), cristalino como a água, e o *Poliol*, também cristalino, porém mais viscoso. São acrescentados estabilizadores, tais como silicose, estanho, corantes, etc. A fórmula difere para cada densidade: indica-se como exemplo a fabricação de um colchão de densidade 33, onde utiliza-se cerca de 70% de *Poliol* e 30% de *TDI*, acrescidos de pequenas quantidades de estabilizadores.

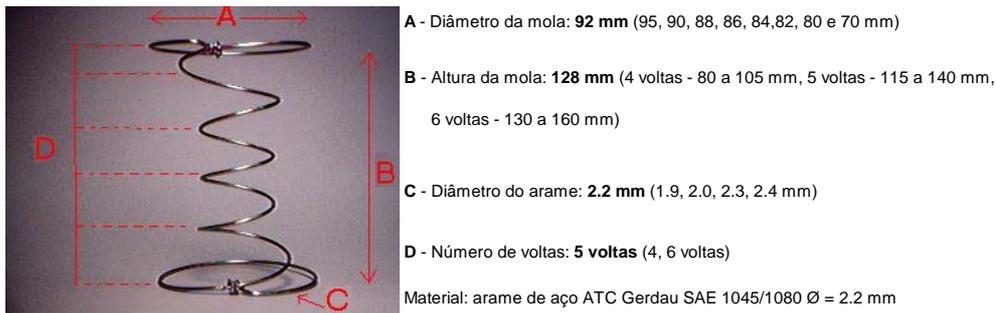
Com a alta crescente do barril de petróleo nos últimos anos, houve um aumento significativo do custo de produção da espuma para colchões, dificultando e até inviabilizando alguns empreendimentos no setor de colchões. Uma alternativa logo evidente foi o investimento em maquinário para fabricação de colchões com molejos de molas; colchões de molas são mais comuns em países da Europa e Estados Unidos da América, menos conhecidos e utilizados aqui no Brasil. Entretanto, as máquinas existentes, capazes de fabricar molas para colchões, eram importadas de países como Itália e Turquia a altos custos. Os custos envolvidos (custo das máquinas, custos de importação, tempo de espera), entre outras dificuldades, faziam com que a alternativa dos colchões de molas fosse perdendo força, até ser interrompida por grande parte da indústria de colchões.

Em meados de 2007, numa conversa informal entre o diretor de projetos da *Brasgram Indústria e Comércio Ltda.* e o autor deste trabalho de formatura, que executava para aquele trabalhos de consultoria em projetos de engenharia mecânica, decidiu-se por resolver a questão construindo o que viria a ser a primeira máquina nacional de molas para colchões. A idéia surgiu devido ao fato da *Brasgram* já realizar paliativamente a fabricação, para seus clientes, de alguns componentes das máquinas importadas, por causa da demora no recebimento das peças originais; dentre estes clientes, havia a empresa *Luckspuma Indústria e Comércio Ltda.* Adicionalmente, a demanda por colchões aumentou consideravelmente no comércio varejista, conseqüentemente o interesse pelo aumento da produção. Por fim, as duas empresas resolveram financiar o projeto e a construção de um protótipo da máquina de molas *Bonnel*.

Para iniciar a definição dos requisitos deste projeto, deve-se inicialmente considerar o sistema a ser projetado como uma caixa preta, enumerando-se as suas entradas e saídas, desejáveis ou não. A princípio são levadas em consideração apenas as variáveis de entrada conhecidas, considerando a máquina como um sistema possuidor de subsistemas, os quais interagem entre si, produzindo as variáveis de saída. Este esquema proposto permite avaliar quais são os requisitos do projeto e quais as especificações técnicas que o sistema deverá ter para atender a esses requisitos. Em uma etapa posterior, o sistema será desmembrado e seus subsistemas serão identificados, bem como serão estabelecidos critérios para síntese e escolha de alternativas de solução para o problema, o qual deverá estar devidamente enunciado através de seus requisitos técnicos. O método está de acordo com as etapas sugeridas na disciplina Metodologia do Projeto.

O produto final a ser produzido pela máquina é a mola *Bonnel* mais comumente utilizada pela indústria de colchões no Brasil. As dimensões e características da mola *Bonnel* são apresentadas na *Fig. (1)*. Trata-se de mola produzida com arame de aço de alto teor de carbono (0.45% a 0.80%). As extremidades do arame são enroladas,

amarrando-se à mola, evitando que estas pontas possam ferir o usuário do colchão. As voltas centrais da mola possuem diâmetro de 70% do diâmetro das voltas das extremidades. O formato da mola *Bonnel* confere ao molejo montado um conforto superior, comparado ao conforto observado em molejos montados com outros tipos de molas.



**Figura 1 - Mola Bonnel e suas principais dimensões**

Além das características gerais que a máquina para fabricação de molas *Bonnel* deverá ter, formato e dimensões do produto final, outros requisitos deverão ser atendidos, pois há o interesse de empresas patrocinadoras no projeto, incluindo o interesse pela construção de um protótipo. A *Luckspuma Indústria e Comércio Ltda.* será a empresa financiadora do projeto, arcando com despesas de licenças de softwares, matéria-prima para fabricação de componentes, e custos com serviços terceirizados (corte a fio, corte a laser, retificação, tratamento térmico de componentes etc.); a *Brasgramp Indústria e Comércio Ltda.* arcará com as despesas de mão-de-obra (projeto executivo, montagem, testes etc.) e cederá espaço físico no seu galpão para usinagem de componentes, ajustagem, estoque, pré-montagem; além disso, colocará à disposição: um escritório com computadores, acesso à internet, impressoras e telefone, um torno convencional, uma fresadora vertical convencional, uma fresadora vertical *CNC*, uma máquina de solda *MIG*. As duas empresas estabeleceram que a produção dos componentes da máquina esteja adequado ao sistema de gestão da qualidade da *Brasgramp*, que por sua vez está adequado ao padrão normativo *NBR ISO 9001:2000*.

Através do fluxograma de relacionamento entre os subsistemas da máquina, mostrado na *Fig. (2)*, enumeram-se e mostram-se de forma básica as etapas de fabricação da mola *Bonnel*. A partir deste fluxograma é possível detalhar as características técnicas da máquina, com seus requisitos funcionais, operacionais e construtivos. Deve-se ressaltar, entretanto, que o fluxograma proposto poderá sofrer mudanças no decorrer do projeto, pois se espera que os subsistemas da máquina estejam interligados entre si, de tal forma que a mudança em um dos subsistemas provocará mudanças nos demais. Além disso, subsistemas redundantes poderão ser suprimidos ou subsistemas necessários poderão ser adicionados à máquina, conforme forem surgindo melhores alternativas e conforme as características finais da máquina forem sendo definidas.

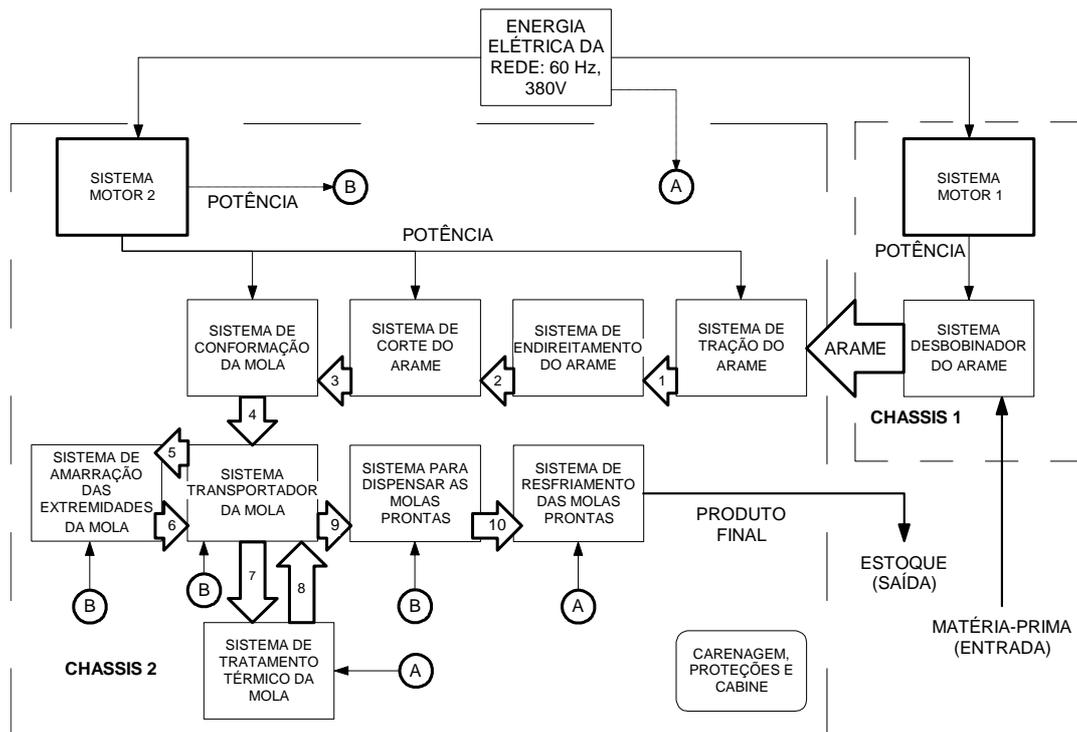
Com o estudo do fluxograma proposto na *Fig. (2)* é possível evoluir um pouco mais, mostrando as principais características da máquina na forma de um layout, para dar uma idéia das dimensões da máquina e do espaço disponível para cada subsistema. Na fase de criação do layout, pode-se recorrer a pesquisas sobre os métodos atuais de fabricação de molas, máquinas que produzem produtos similares, medições, visitas técnicas em outras empresas do segmento de colchões, pesquisas na internet, ou quaisquer outros meios para obtenção de informações. As informações coletadas são resumidas na forma de texto, tabelas ou na forma gráfica, como é o caso do layout proposto para a máquina. Além das dimensões prováveis da máquina, coloca-se no layout a posição relativa entre cada subsistema da máquina, para facilitar a elaboração das fases seguintes do projeto.

Entretanto, percebe-se que o layout, assim como o fluxograma mostrado na *Fig. (2)* tratam o problema de forma sistêmica, ou seja, a máquina como um todo; os subsistemas são estudados ao mesmo tempo, e redefinidos conforme a solução vai ficando mais refinada; é o que chamamos de espiral do projeto, ou método iterativo. A imagem que define bem o processo de projeto é a de uma espiral, em que na primeira volta os itens são definidos de forma grosseira, aproximada; essa definição vai ficando mais precisa nas voltas seguintes, até convergir para a configuração final do sistema (projeto). Não há necessidade de se passar por todos os itens a cada volta. A espiral do projeto é apenas um conceito e não faz necessariamente parte da documentação do projeto.

As características da máquina, na próxima etapa, devem ser enumeradas e especificadas tecnicamente: são os requisitos técnicos do projeto ou especificações técnicas da máquina. Apenas as variáveis e condições conhecidas são utilizadas na elaboração desta etapa, porque as demais variáveis de projeto surgirão e serão conhecidas e detalhadas após a escolha do melhor conjunto de alternativas que representa a solução final para o enunciado do problema, ou seja, somente durante o desenvolvimento do projeto executivo. O *Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski* resume esta fase da seguinte forma:

“...antes de iniciar o estudo de soluções (levantamento de alternativas), é necessário que o problema a ser atendido pelo produto esteja totalmente identificado e formulado. Combinando a tecnologia com as exigências do projeto e necessidades de clientes, procura-se formular o problema em termos técnicos. Só após o problema estar formulado com precisão suficiente é que se passa a pensar nas soluções...”

A especificação das características técnicas deve listar o conjunto de requisitos funcionais, operacionais e construtivos a ser atendido pela máquina.



**Figura 2 - Fluxograma de relacionamento entre os subsistemas da máquina**

## 2.2. Estudo de viabilidade

Entendido perfeitamente o enunciado do problema a ser resolvido, quais são as suas necessidades, quais são os requisitos a serem atendidos, quais as suas características técnicas, o próximo passo é esboçar as alternativas para cada subsistema da máquina e como eles interagem entre si. Para tanto, elabora-se uma tabela com todas as alternativas sintetizadas; em fase posterior, o melhor conjunto de alternativas constituirá a solução final para o problema.

Esta fase do projeto produz inúmeras alternativas para cada um dos subsistemas da máquina. Estas alternativas, mesmo as descartadas, podem se tornar parte da solução em outras máquinas. Devido a esse fato, esta etapa será omitida para preservar a propriedade intelectual do projetista e da empresa patrocinadora.

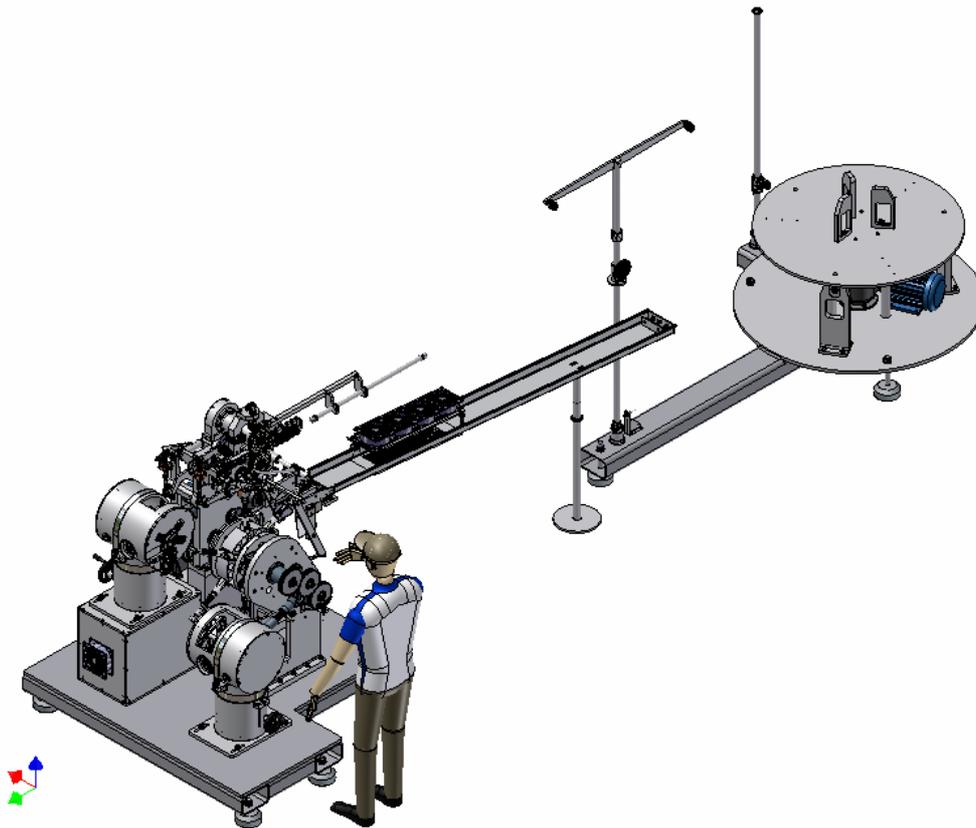
## 2.3. Projeto básico

Para a escolha das alternativas, utilizaram-se critérios que pontuaram cada alternativa segundo dois critérios:

- econômicos (custo de fabricação, custo de manutenção, produtividade, necessidade de mão-de-obra, tempo para implementação);
- ergonômicos (utilização, manutenção, produção de ruídos e vibrações).

A melhor alternativa foi escolhida para cada um dos subsistemas da máquina. Os resultados aqui apresentados são considerados preliminares pois os sistemas foram projetados dentro dos dois critérios escolhidos e apenas sob os seguintes aspectos:

- funcional: cada subsistema atende aos requisitos técnicos, interage com os outros subsistemas de maneira satisfatória, não apresenta interferências, produz os movimentos de saída adequados;
- dimensional: cada subsistema ocupa as dimensões previstas, os componentes possuem a proporção adequada dentro de cada subsistema; As dimensões para cada tipo de componente atendem aos critérios de dimensionamento;
- montagem: cada componente possui relações de montagem que garantem uma manutenção simples e barata, no caso de substituição de peças de desgaste, como os rolamentos;
- regulagem: os subsistemas são reguláveis, ou seja, possuem componentes com posição ajustável, simplificando as adaptações para a fabricação de vários tipos de molas, não só a *Bonnel*;
- ergonômico: as partes da máquina que exigem intervenção humana, como os pontos de regulagem e a esteira dispensadora de molas possuem fácil acesso e encontram-se a alturas compatíveis com as dimensões humanas; uma cabine diminuirá a produção de ruídos que a máquina produzirá;
- segurança: todas as partes móveis e rotativas da máquina possuem proteções e a máquina possui uma cabine com portas; deseja-se colocar sensores nestas portas para que, quando abertas, produzam a interrupção do funcionamento da máquina;



**Figura 3 - Modelo 3D da máquina, exceto acessórios**

O método utilizado para o dimensionamento dos componentes compreende as seguintes etapas:

- Criação do modelo 3D utilizando software CAD 3D paramétrico: nesta etapa, o modelo é criado e dimensionado; as dimensões do modelo são totalmente parametrizadas, de tal forma que as alterações nas dimensões do modelo alteram automaticamente todos os desenhos e todos os componentes dependentes; por exemplo, componentes como chavetas, rolamentos, mancais e engrenagens dependem das dimensões do eixo ao qual estão ligados e são atualizados caso alguma alteração no eixo seja feita; o modelo 3D da máquina é mostrado na Fig. (4).
- Análise do modelo: nesta etapa, recorre-se às equações dos critérios de dimensionamento na secção ou ponto crítico do componente; também se pode recorrer ao método de elementos finitos; a Fig. (5) mostra a análise de um eixo usando método de elementos finitos;
- Otimizações: caso necessário, as dimensões do componente são alteradas para garantir que o critério de dimensionamento esteja satisfeito; por outro lado, se o fator de segurança verificado estiver excessivamente alto, uma diminuição nas dimensões são feitas para diminuir o custo e a massa total do componente;
- Demais desenhos: após as análises e otimizações, o componente está pronto; restam os desenhos de conjunto, vistas explodidas e fabricação; eixos, por exemplo, são componentes que devem se adaptar a componentes padrão, como é o caso dos rolamentos e chavetas; a parametrização do modelo garante que as dimensões do componente atende também às normas; o software utiliza o padrão normativo DIN.

#### **2.4. Projeto executivo**

O projeto executivo consiste dos desenhos de conjunto de todas as submontagens, desenho de conjunto dos dispositivos de fabricação, e desenhos de fabricação dos componentes. Adicionalmente, o projeto executivo contém outros documentos e registros, como registros do processo de fabricação, listas de compras de componentes, listas de compras de materiais e insumos etc. A Figura 38 apresenta um exemplo de submontagem em vista explodida. O método de projeto descrito anteriormente admite tarefas concomitantes; assim, todos os desenhos, assim como toda a documentação do projeto, são elaborados simultaneamente ao projeto em CAD, pelo próprio projetista. Esta é uma vantagem inegável da utilização de software CAD paramétrico, pois reduz consideravelmente o tempo total do projeto, evitando custos devido a atrasos.

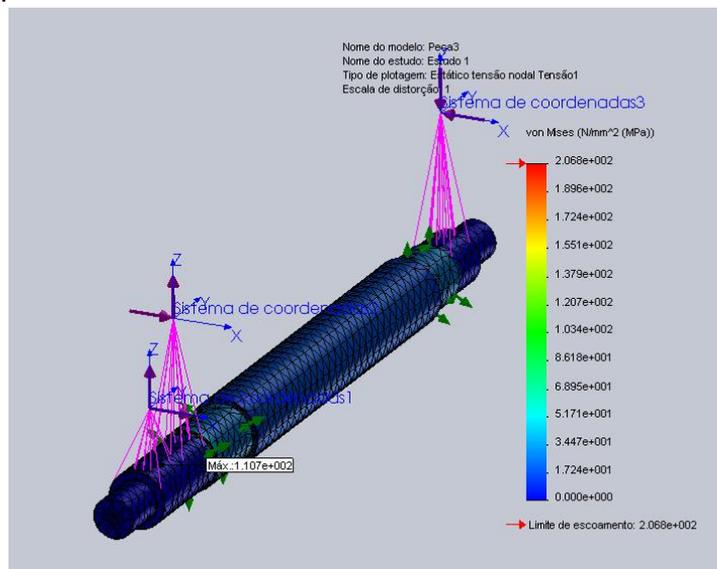
#### **2.5. Planejamento da produção**

O planejamento da produção também é feito ao mesmo tempo em que o projeto vai ganhando forma no aplicativo CAD. Isto acontece porque o software permite simulações de movimento dos dispositivos e transformadores de movimento e simulação das forças resultantes, verificação da exequibilidade dos componentes, projeto de

dispositivos de fabricação, simulação de rotinas CAE, análises de interferência, análise de tolerâncias, análise estrutural, preparação de análises utilizando FEA etc. Esta metodologia exige conhecimento profundo do software, conhecimento dos recursos disponíveis para fabricação, conhecimento do mercado de componentes e matéria-prima, entre outros conhecimentos. O detalhamento da metodologia empregada no planejamento da produção está, portanto, fora do escopo do presente trabalho. O custo total do projeto, incluindo mão-de-obra, ferramentas, dispositivos, testes no protótipo, licenças de software, entre outros, ficou em cerca de 70 mil reais (referência: ano de 2007).

## 2.6. Planejamento da disponibilização ao cliente

Detalhes sobre a montagem e regulagem dos subsistemas da máquina, bem como instruções sobre manutenção e transporte foram desautorizados pelo patrocinador a fazer parte deste trabalho, por conter informações estratégicas e de propriedade intelectual.



**Figura 4 - Exemplo de componente dimensionado, analisado e otimizado através do método de elementos finitos em software CAE comercial**

## 2.7. Planejamento do consumo

A máquina conta com soluções bem simples, mas que garantem a segurança e confiabilidade na operação, durante toda a vida útil da máquina, como circuitos realimentados por sistema de sensores (sensores de posição, temperatura, interruptores, botoeira etc.), além da carenagem e proteções, posicionamento dos subsistemas visando conforto na operação (altura da esteira de saída das molas, altura dos dispositivos amarradores etc.). O detalhamento das soluções não acrescenta informações úteis e será omitido por conveniência.

## 2.8. Manutenção

A vida útil dos componentes que estão em contato direto com o arame é de 90 dias, sob pena de diminuição da capacidade de fabricação e diminuição da qualidade das molas fabricadas. Dentre esses componentes, encontram-se as guias do arame, facas de corte, endireitadores do arame etc. Os rolamentos foram dimensionados para uma vida útil de 5 anos e devem ser substituídos após esse período (manutenção preditiva), exceto os rolamentos do sistema acionador dos amarradores, que, por falta de espaço físico, e para não tornar o sistema muito robusto, foram dimensionados para 3 anos. A estrutura da máquina, eixos e braços atuadores foram projetados para durar toda a vida útil da máquina. Engrenagens estarão sujeitas à substituição, e foram incluídas no check list da manutenção preventiva. Todos os subsistemas da máquina contam com algum tipo de regulagem; parafusos de regulagem deverão ser substituídos sempre que o desgaste por eles sofrido dificultar ou até impedir a regulagem; esta tarefa está prevista no check-list de manutenção preventiva. Manutenção corretiva irá ocorrer nos casos de pane elétrica ou falha mecânica de componente não prevista no check-list de manutenção preventiva; esta falha deverá ser devidamente registrada e deverá ser objeto de estudo para posterior aperfeiçoamento do projeto.

## 3. Agradecimentos

Ao Prof Dr. Marcelo Augusto Leal Alves, pela valiosa orientação prestada ao longo da minha graduação, nas disciplinas elementos de máquinas e projeto de máquinas.

Aos diretores da Brasgramp, com os quais tive o prazer de trabalhar neste projeto, pelo apoio prestado nos meses decisivos para a conclusão do curso.

À Dinha, pela generosa contribuição na minha vida e pela paciência e dedicação.

#### 4. Referências

- CALLISTER, W. D. Jr. **Materials Science and engineering**, 5ª edição, John Wiley & Sons, 1999
- COLLINS, J. A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção da Falha**, 1ª edição, LTC, 2006
- ERDMAN, A. G.; SANDOR, G. N. **Mechanism Design: Analysis and Synthesis**, vol. 1, 3rd. Edition, Prentice Hall, 1996
- GERE, J. M. **Mecânica dos Materiais**, 1ª edição, Pioneira Thomson Learning, 2003
- JUVINALL, R. C. & MARSHEK, K. M. **Fundamentals of Machine Component Design**, 2<sup>nd</sup> edition, John-Wiley & Sons, 2002
- KAMINSKI, P.C. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento Criatividade e Qualidade**, LTC Livros Técnicos e Científicos, 1999.
- NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem Integrada**, 2ª edição, Bookman, 2004
- NORTON, R. L. **Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines**, McGraw-Hill, 2001
- OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**, 4ª edição, Pearson Prentice Hall, 2003
- PROVENZA, F. **Prontuário do Projetista de Máquinas**, 1ª edição, Editora F. Provenza, 1960
- SHIGLEY, J. E. & MISHKE, C. R. **Mechanical Engineering Design**, 7<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, 2004

#### EXECUTIVE PROJECT OF A MACHINE FOR MANUFACTURE OF BONNEL SPRINGS

**Paulo Loiola de Jesus**

e-mail: paulo812@click21.com.br

**Abstract.** The scope of this work is to present the executive design of machine for Bonnel springs production, introducing of concise way the other steps that make up the project. The initial stages of the project will make a rude estimate of system and your subsystems, enumerating the requirements of the machine; the intermediary stages will make a estimate of the dimensions of machine, characterizing it through its subsystems, and how these dimensions relate to each other; the final stages will care of recalculations and verifications, with the purpose to guarantee that all requirements of the project will be really satisfied. Will be taken in consideration conservative factor of safety in the initial stages of project; in the intermediary stages, the factor of safety could shrink because of possible enhancements; it wishes, for imposition of the designer, a safety factor in the final steps approximately three, due to the characteristics of the project. After the conclusion of executive design, a prototype of the machine will be produced. Lists of parts and bill of materials will be elaborated simultaneously to the drawings, facilitating the making of spreadsheet of costs of the project. As the scope of this work is the presentation of executive design of the machine, the other steps will be introduced of summary form, showing a vision of the project only in general terms.

**Keywords:** *springs, machine, Bonnel, project*