KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – Tutorial 6

Editor de Eixos-Árvore

KISSsoft AG
Rosengartenstrasse 4
8608 Bubikon
Suiça

Telefone: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

Índice

1 Começando com o Editor de Eixos-Árvore ... 3
1.1 Começando com o Editor ... 3
1.2 Abrindo o Editor, Configurações ... 3
2 Modelando uma Árvore ... 4
2.1 Considerações gerais ... 4
2.2 Sistema de coordenadas ... 5
2.3 Editando funções, visão da tela ... 5
2.4 Entrando com dimensões principais ... 6
2.5 Entrando com entalhes ... 8
2.6 Entrando com cargas ... 9
2.6.1 Forças gerais ... 9
2.6.2 Elementos de máquinas ... 9
2.7 Adicionando mancais ... 11
2.7.1 Mancais gerais ... 11
2.7.2 Mancais de rolamento ... 11
2.7.3 Mancais especiais ... 12
2.8 Dimensionamento para tensão equivalente constante ... 13
2.9 Dimensionamento para deflexão máxima ... 14
2.10 Árvores múltiplas ... 15

1 Começando com o Editor de Eixos-Árvore

1.1 Começando com o Editor

Para mais informações sobre o assunto, procure o Tutorial 005, Cálculo de Eixos-Árvore, Seção 1.2.

1.2 Abrindo o Editor, Configurações

A tela principal do cálculo de eixos-árvore (Figura 1) contém as seguintes abas: **"Editor de eixos"**, **"Dados básicos"** e **"Resistência"**. No editor de eixos, você pode modelar vários eixos-árvore levando em conta vínculos e solicitações. Estes modelos poderão ser usados em outros cálculos (deformação, resistência, etc.. Veja o tutorial 005).

Você pode entrar com configurações fundamentais (posição do eixo, velocidade, sentido de rotação) diretamente na aba **"Dados básicos"**. Clique no menu "Cálculo → Ajustes" para ter mais escolhas de configurações (para mais informações sobre alguma configuração em especial, pressione F1 para abrir a ajuda referente a este tópico):

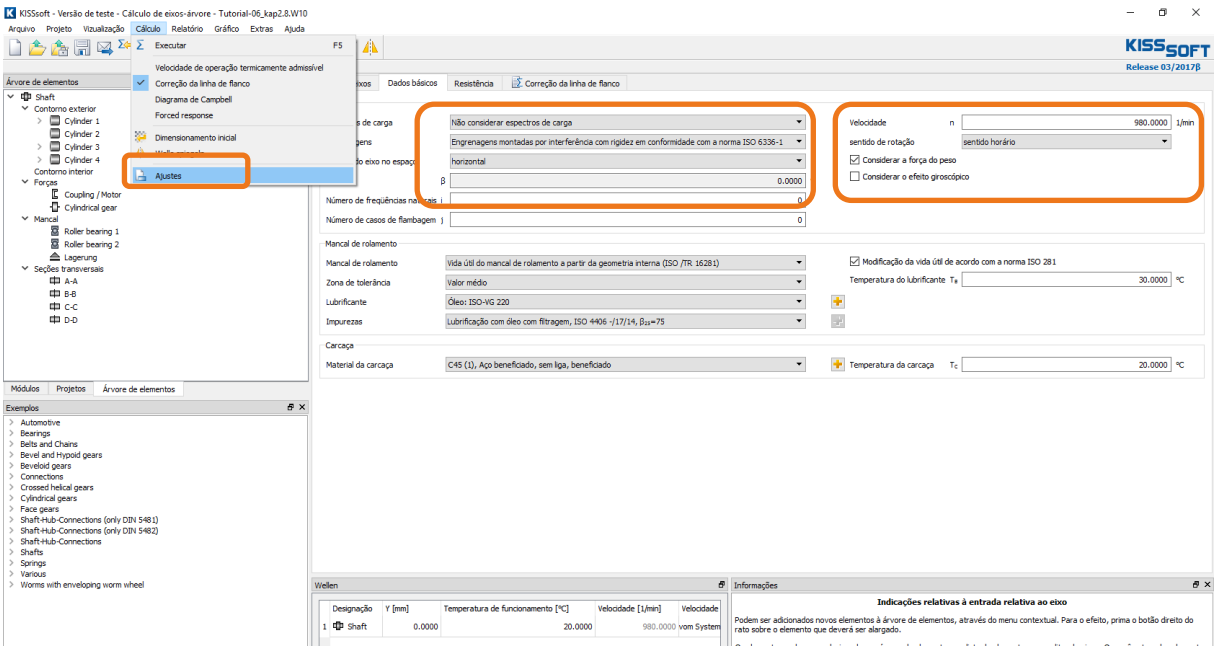


Figura 1. Editor de eixos, ajustes específicos do módulo, velocidade de entrada, material, etc.

2 Modelando uma Árvore

2.1 Considerações gerais

Para modelar uma árvore no KISSsoft, você deve entrar as dimensões principais, entalhes ou chanfros, cargas externas, vínculos e cortes em seções transversais críticas. Você pode definir estes valores a partir da **"Árvore de elementos"** à esquerda. Selecione o elemento que deseja trabalhar e clique com o botão direito do mouse para abrir uma lista de elementos que podem ser adicionados ao cálculo. Você pode também criar sub-elementos para simetria axial (cilindros e cones).

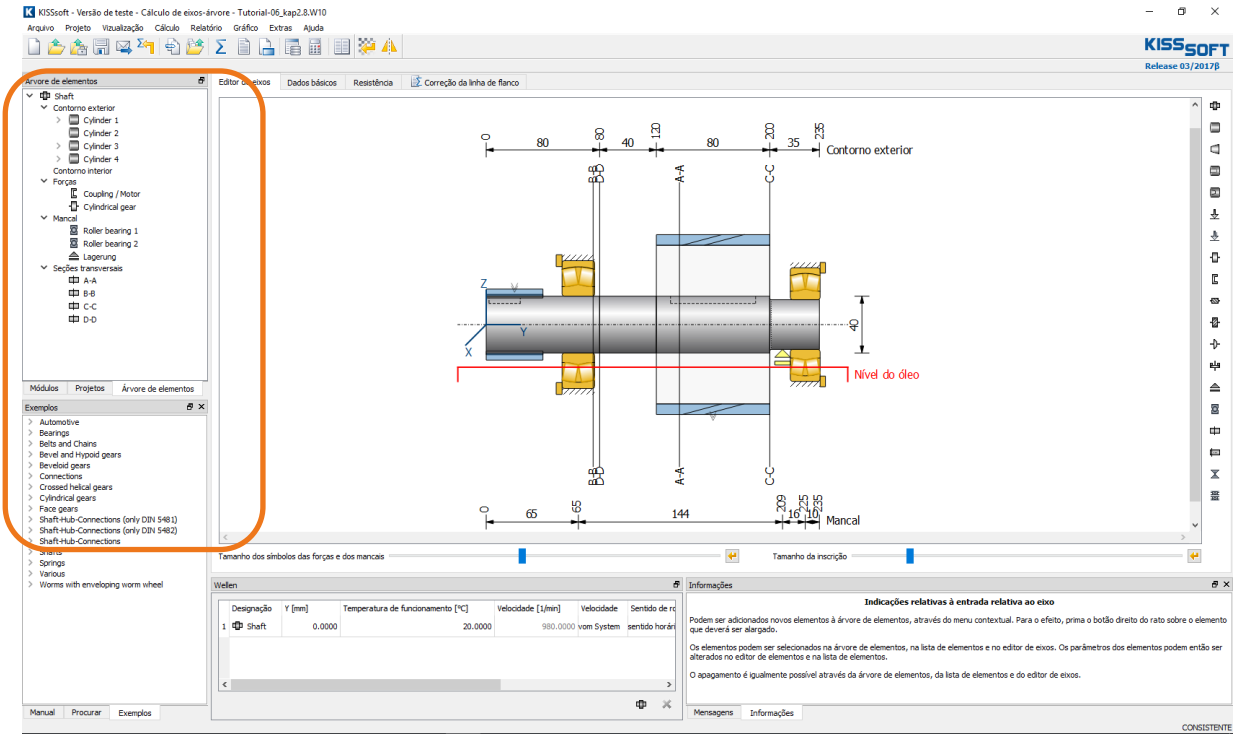
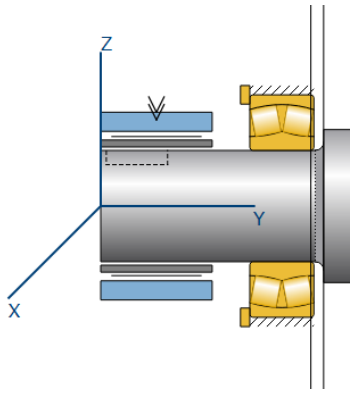


Figura 2. Os cinco mais importante elementos necessários para criar um eixo-árvore.

Elementos	Tipo de dados	Dados necessários	A definir	Cor
Contorno Externo/Interno	Seção do eixo	Diâmetro e comprimento de uma seção, rugosidade superficial	A, I_{xx}, I_{zz}, I_p, W_{xx}, W_{zz}, W_p	Cinza
Cilindro/Cone	Entalhes	Tipo de entalhe, geometria	α_k	Branco
Forças	Carregamentos	Forças cêntricas ou excêntricas/vetores de momento, elementos de máquinas para introdução de carga	F_y, Q_x, Q_z, M_{bx}, M_{bz}, T	Azul
Mancais	Mancais	Seleção de rolamentos, informações sobre a resistência do mancal, graus de liberdade	Forças de reação, vínculos	Amarelo
Seções transversais	Seção transversal crítica	Entalhes, posição, geometria, rugosidade superficial	Entalhes, forças	Preto

2.2 Sistema de coordenadas

Leve em conta que o sistema é Cartesiano e respeita a regra da mão direita.



Eixo x positivo: Para fora da tela
Eixo x positivo: Ao longo do comprimento da árvore, da esquerda para a direita
Eixo x positivo: De baixo para cima
Posição de contato: O sentido positivo de giro é horário (olhando na direção positive do eixo y), com o eixo x na posição zero

Você pode exibir ou não o sistema de coordenadas, ativando/desativando a opção "Mostrar sistema de coordenadas" no **"Ajustes específicos do módulo"**.

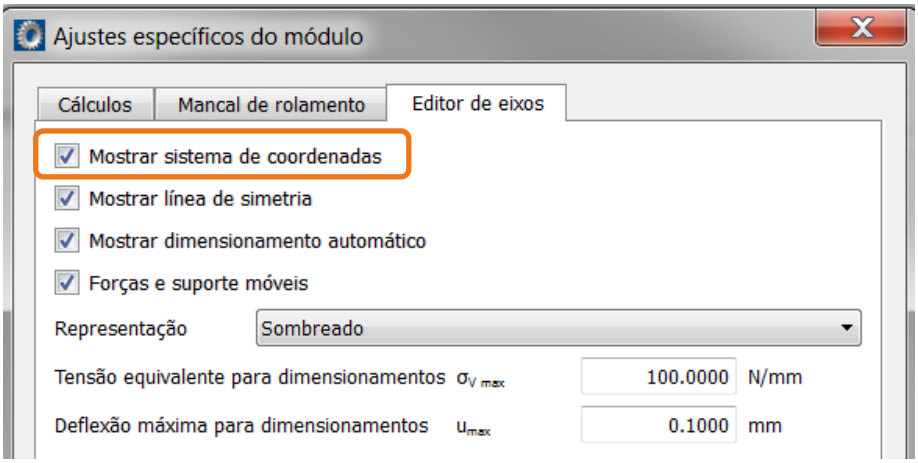


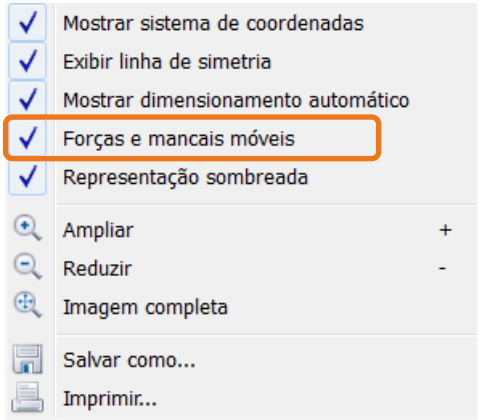
Figura 3. Aba “Editor de eixos” na janela de ajustes específicos do módulo

2.3 Editando funções, visão da tela

As seguintes funções de edição estão disponíveis no editor de Eixos-árvore:

Função	**Explicação**
Tecla +, tecla - , tecla “Home”	Aproximar imagem / afastar imagem / tela cheia
Botão esquerdo do mouse	Selecionar elemento / mover elemento (quando a opção estiver marcada - ver abaixo)
Botão direito do mouse	Aproximar imagem / afastar imagem / tela cheia
Delete	Apagar o elemento selecionado
	Inverter o eixo

Logo abaixo do modelo, há a caixa opção de mover forças e rolamentos. Você pode ativar/desativar essa função clicando na caixa ao lado.



Do lado direito do Editor, você pode encontrar ícones de cada elemento, como mostra a figura abaixo, o que facilita o processo de inserí-los na sua árvore.



Adicionar árvore
Adicionar cilindro
Adicionar cone
Adicionar furo interno cilíndrico
Adicionar furo interno cônico
Força centralizada/vetor de momento
Força excêntrica/ vetor de momento
Adicionar elementos de máquinas, engrenagens, etc.
…
…
…
…
...
Adicionar mancal
Adicionar rolamento
Adicionar seção de corte limitada/livre
Adicionar junção geral
Adicionar rolamentos de ligação

2.4 Entrando com dimensões principais

Para definir o contorno de uma árvore, selecione o elemento em **"Árvore de elementos → Contorno externo"** ou selecione o elemento diretamente no editor, ou ainda, selecione-o a partir da lista de elementos (Figura 4).

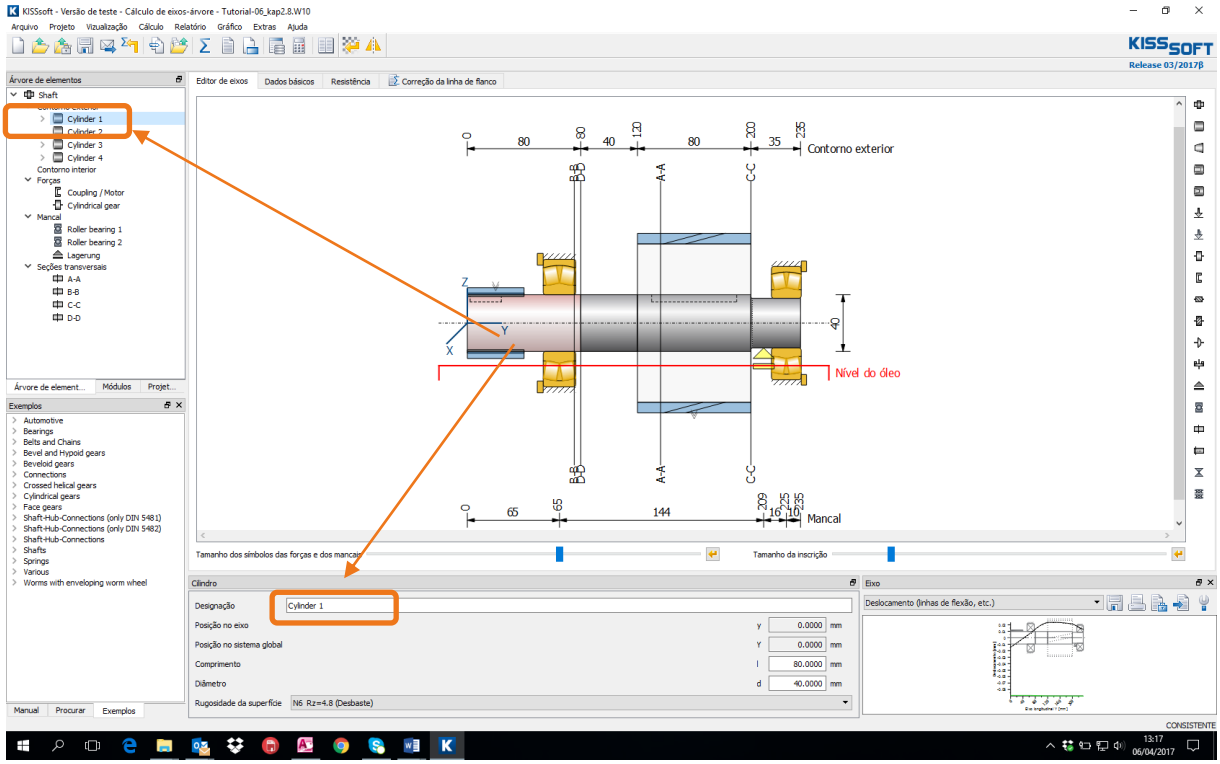


Figura 4. Janela na qual uma seção (cilindro) do eixo pode ser definida

Agora você deve definir o diâmetro, comprimento e rugosidade superficial no Editor de elementos. Cada nova seção que você adicionar na árvore pode ficar antes (à esquerda) ou depois (à direita) de uma das seções existentes. Para adicionar uma nova seção em uma seção já existente, primeiramente selecione a seção existente com o botão esquerdo do mouse e então clique com o botão direito e escolha entre **“Inserir antes”** ou **"Inserir depois"**. Para modificar um elemento já existente, selecione-o com o botão esquerdo do mouse e modifique os dados no “Editor de elementos”. Se o “Editor de elementos” não estiver aberto, vá em **"Cálculo / Editor de elementos”** e abra novamente a janela.

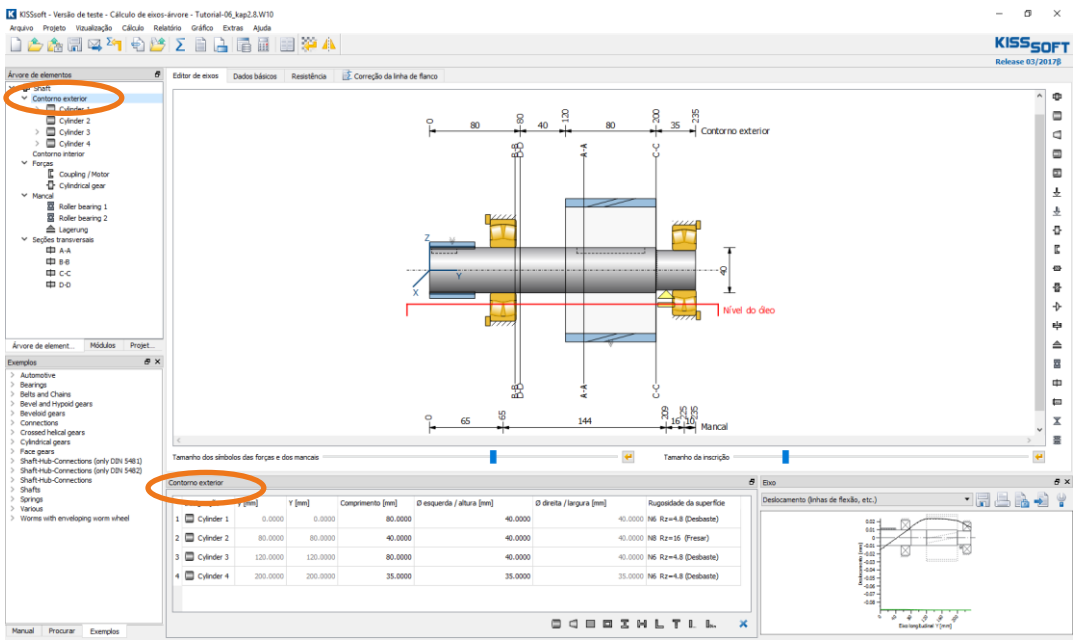


Figura 5. Janela para despregar a lista de elementos

Furos internos (**"Contorno Interno → furo cilíndrico"**) também são adicionados à árvore existente, da esquerda para a direita. Entretanto, se você precisar de um furo somente no lado direito da árvore, você deve, primeiramente, definir um furo interno com diâmetro zero a partir da extremidade esquerda da árvore.

2.5 Entrando com entalhes

Antes de adicionar um entalhe, você deve selecionar uma seção da árvore (clique na seção desejada com o botão esquerdo do mouse e esta ficará vermelha) ou um elemento na **“Árvore de elementos”** que possa ser entalhado. Logo, clique com o botão direito do mouse na seção da árvore na **“Árvore de elementos”** e escolha o entalhe que deseja aplicar. Você pode escolher um entre os diversos tipos de entalhes que estiverem disponíveis para serem usados (por exemplo, ranhura circunferencial). Após tê-lo selecionado, você pode escolher a geometria e a posição do entalhe na janela “Editor de elementos”.

Os sub-elementos **"Raio"**, **"Chanfro"** e **“Entalhe"** não precisam ser posicionados pois são automaticamente configurados para a extremidade escolhida (esquerda/direita) da seção da árvore selecionada.
Para adicionar um entalhe geral, escolha a opção **"Efeito de entalhe geral"**. Você pode configurar os fatores de entalhe diretamente no **“Editor de elementos”.**

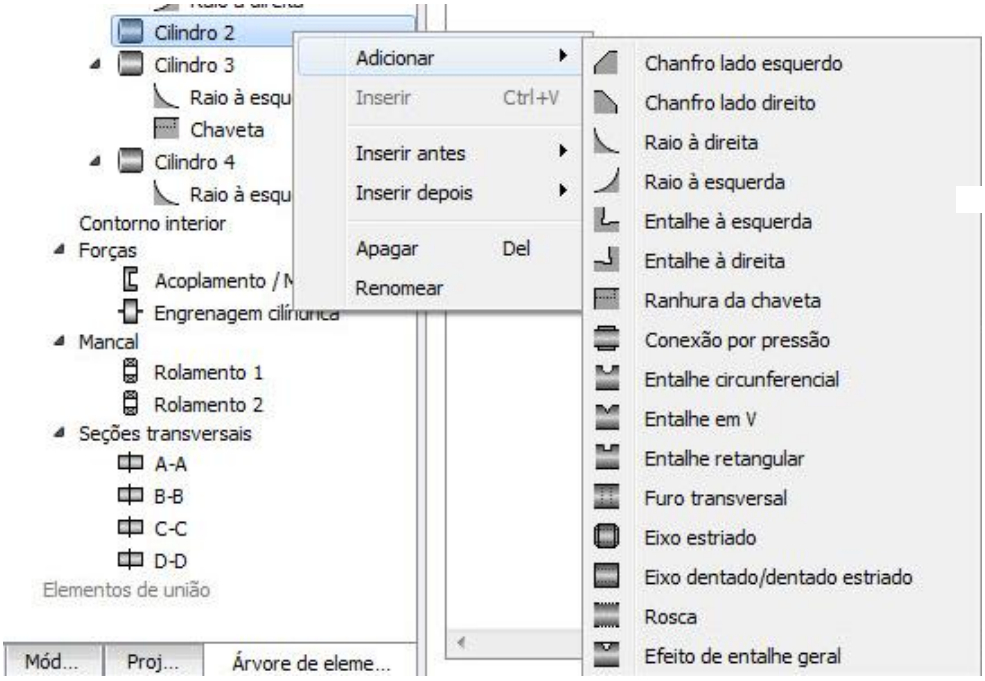


Figura 6. Janela para definição de sub-elementos

2.6 Entrando com cargas

2.6.1 Forças gerais

Selecione **"Forças→Carga centralizada"** ou **"Forças→Carga excêntrica"** na **"Árvore de elementos"** para definir um vetor de cargas (três forças, três momentos), que tenha tanto efeito no centro da linha da árvore ou um efeito excêntrico. Você pode também predefinir cargas lineares. O vetor de forças está presente simbolicamente no gráfico como uma flecha única na direção negativa de z e não como um vetor de fato.

2.6.2 Elementos de máquinas

Adicionalmente à opção de entrada de vetores gerais de força, o KISSsoft também oferece uma lista de elementos de máquinas pré-defnidos. Assim, as forças resultantes na árvore são determinadas a partir da geometria do elemento de máquina e sua potência pré-definida. Dessa forma, o usuário não precisa decompor o ângulo de hélice da engrenagem, nem converter o diâmetro primitivo manualmente, por exemplo, diminuindo a chance de erros.
Em **"Forças"**, selecione um elemento de máquina (Figura 7). A janela mostrada na Figura 8, aparecerá.

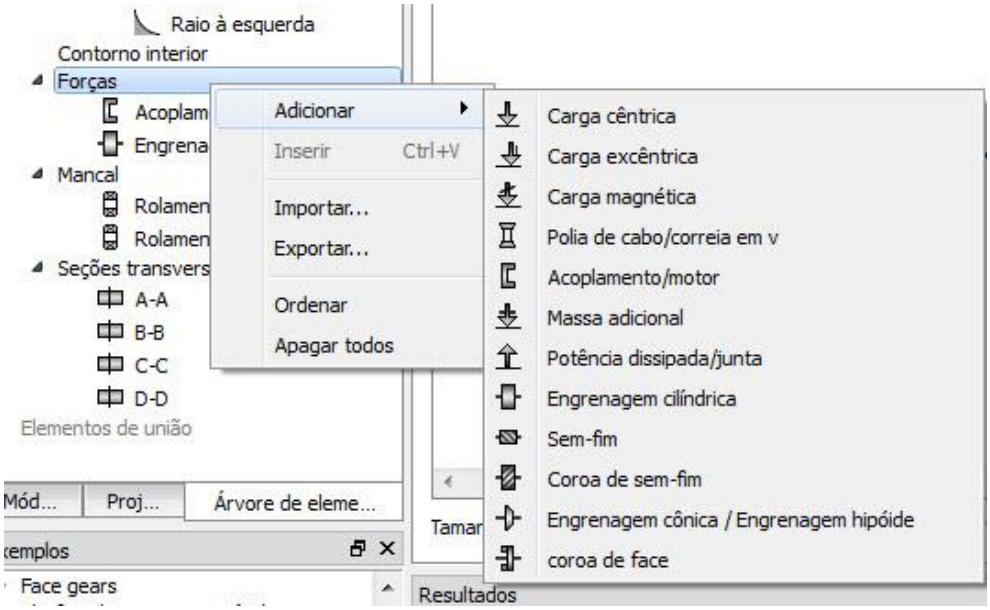
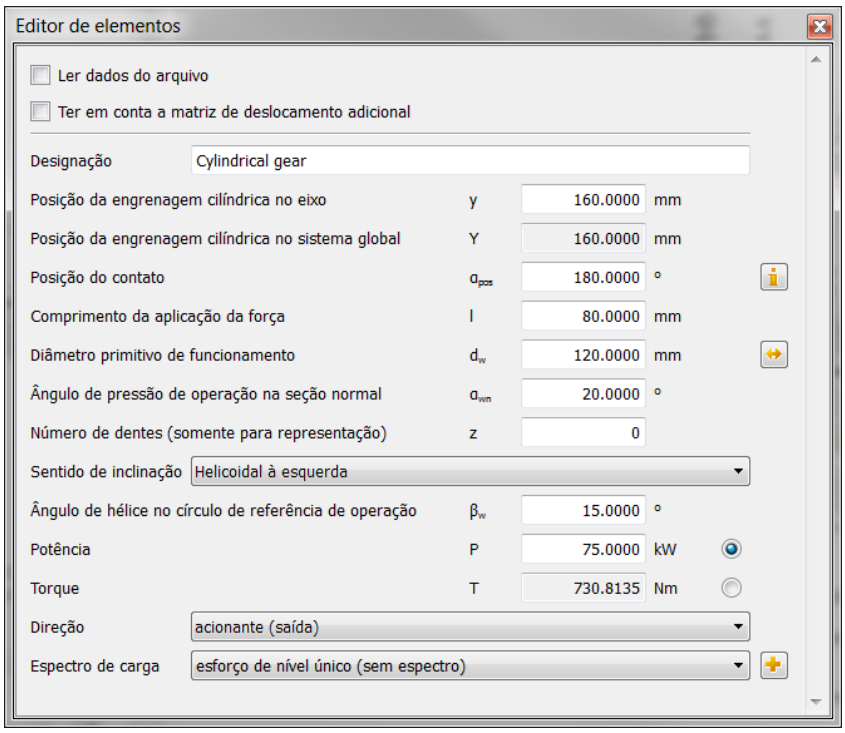


Figura 7. Adicionar elementos de máquinas

Aqui você pode posicionar e configurar (carga, direção de giro, etc...) seu elemento de máquina.



Editor de elementos para definir o elemento **“Engrenagem Cilíndrica”**
Direção: (fluxo da carga)
Acionante (saída): A árvore traciona um sistema. Potência é derivada do elemento de máquina
Acionado (entrada): A árvore é acionada externamente. Potência é aplicada no elemento de máquina.
Posição de contato:
Desde a direção positiva do eixo x, roda-se em sentido anti-horário (para a direção positiva do eixo z)
Posição da engrenagem cilíndrica na árvore (coordenada y)

Figura 8. Configuração de um elemento de máquina usando uma engrenagem cilíndrica como exemplo

Dois tipos de elementos de máquinas estão presentes neste exemplo: um motor ou acoplamento (Figura 9) e uma engrenagem cilíndrica (Figura 8).

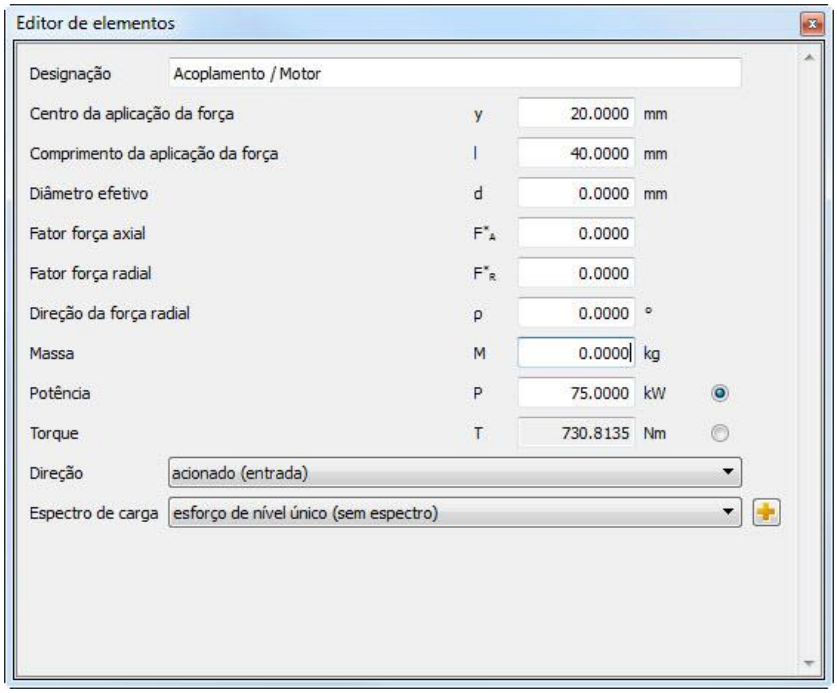


Figura 9. Configurações de acoplamento

Aqui, a potência é aplicada no eixo externamente, por isso é **"Acionado (entrada)"**.
Você deve assegurar-se que a potência total que entra somada com a que sai do sistema deve ser igual a zero. Se a soma não for nula, essa mensagem irá aparecer:



Figura 10. Mensagem de aviso informando que o balanço de potência no sistema está desigual

2.7 Adicionando mancais

No KISSsoft você pode definir mancais gerais ou mancais de rolamentos.

2.7.1 Mancais gerais

Uma seção para mancais está definida na Árvore de elementos. Vá na Árvore de elementos, clique em “Mancal” e, então, clique com o botão direito do mouse nas opções **"Mancal (geral)"** ou **"Mancal de rolamento"** para adicionar um destes elementos. A janela do Edito de elementos surgirá. Nesta você pode posicionar o mancal, definindo a sua posição sobre o eixo y a partir da extremidade esquerda da árvore. A próxima lista permite escolher o tipo de mancal.

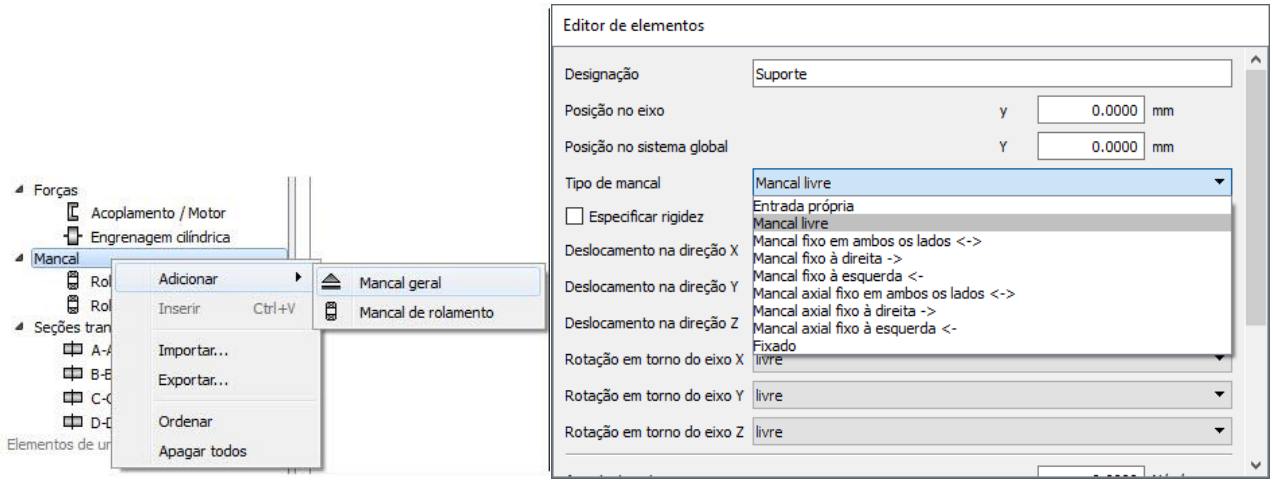


Figura 11. Janela para posicionamento e configuração o tipo de mancal

2.7.2 Mancais de rolamento

Ao selecionar um mancal de rolamento na **"Árvore de elementos",** a janela Editor de elementos abrirá, como mostrado na figura 12. Alternativamente, você também pode selecionar o elemento diretamente na no modelo gráfico. Para tal, selecione a aba **“Editor de eixos”**. Logo, você pode definir os dados do rolamento:

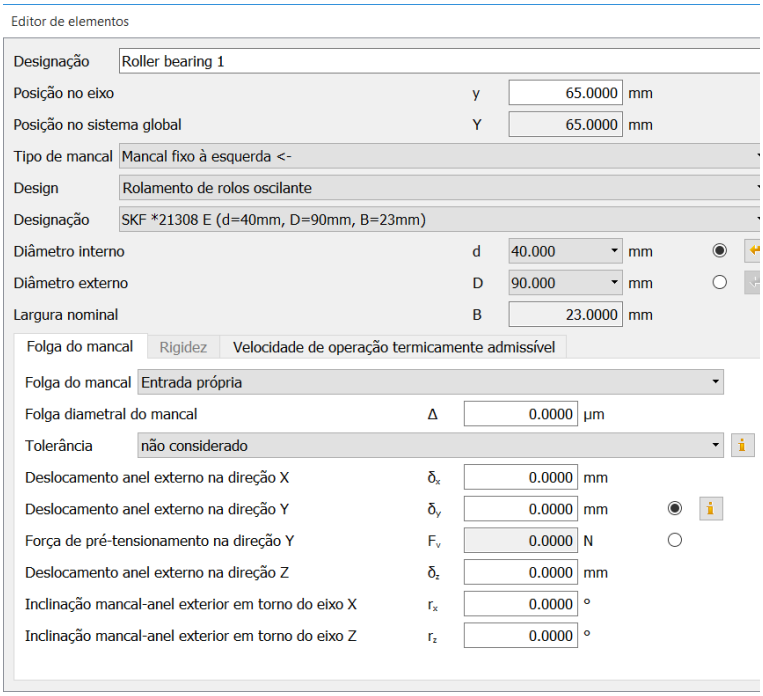


Figura 12. Configurando um rolamento

Definindo mancais

O mancal sofrerá forças axiais?
Escolher tipo de construção
Escolher modelo
O diâmetro do mancal é automaticamente determinado com base na posição do mesmo

Selecione o tipo de tolerância radial para o mancal
Se preciso, defina um desvio para o mancal

Se preciso, defina a resistência do mancal

Se preciso, defina a velocidade de operação termicamente admissível

2.7.3 Mancais especiais

Você pode definir um valor de resistência para o mancal. Se assim o fizer, o valor será levado em conta para o cálculo de carga, deformação e também no cálculo de frequências naturais. Você pode simular a influência de rolamentos ou rigidez da carcaça. Entretanto, você deve definir isso usando um método diferente (por exemplo, em um cálculo de elementos finitos.)
Você deve usar diversos mancais individuais a fim de modelar mancais lineares por completo. Neste caso, use mancais com valores de resistência / resiliência.

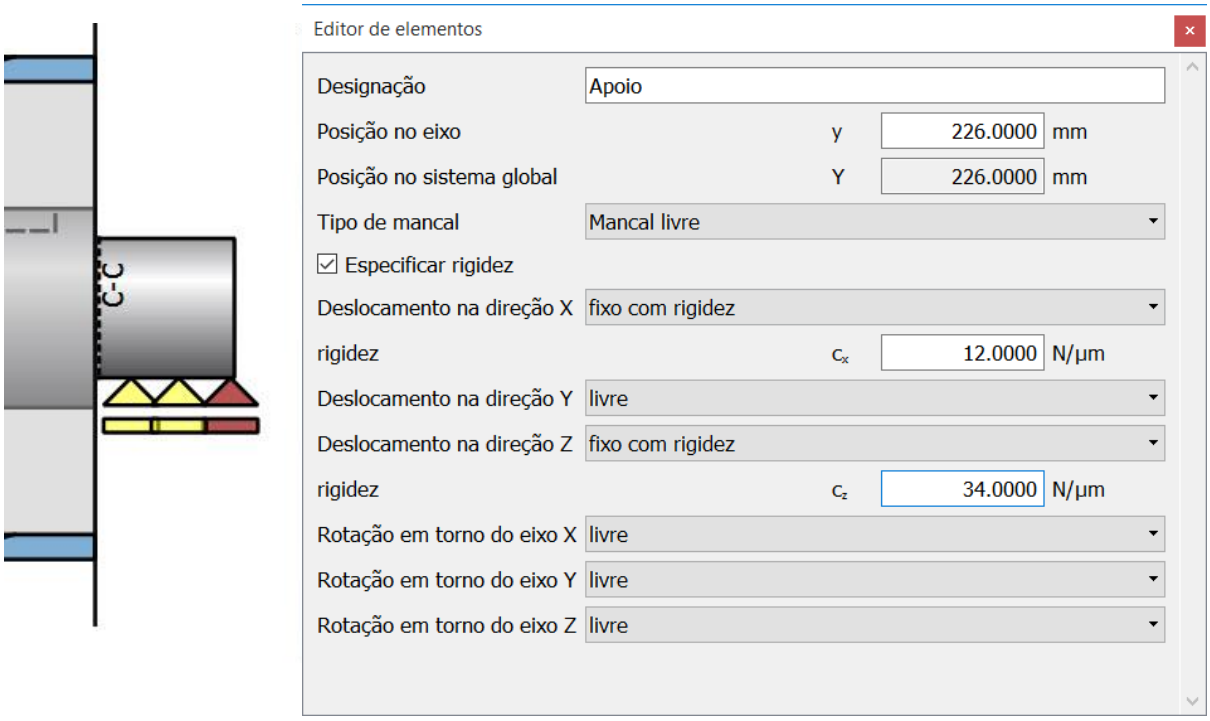


Figura 13. Exemplo mostrando o efeito de um apoio rolante usando uma combinação de mancais gerais

2.8 Dimensionamento para tensão equivalente constante

A geometria da árvore pode ser otimizada (dimensões principais) para que a tensão equivalente (tensão nominal) seja aproximadamente constante ao longo do comprimento do eixo (construção leve). No ajustes específicos do módulo, entre com os dados de base deste cálculo (veja Figura 14). Você pode entrar com a tensão equivalente que o cálculo tomará como base (neste exemplo, essa tensão é igual a 100N/mm^2).

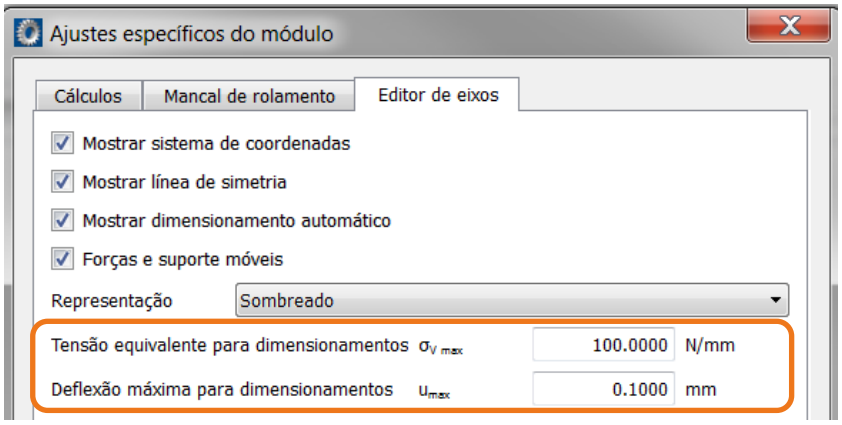


Figura 14. Definindo valores permitidos para o cálculo do dimensionamento

Agora, clique em **"Definir" -> "Quanto à resistência"** no menu, para rodar o cálculo e definir o contorno externo da árvore para a força especificada, assim a tensão equivalente pré definida é alcançada em cada corte de seção.

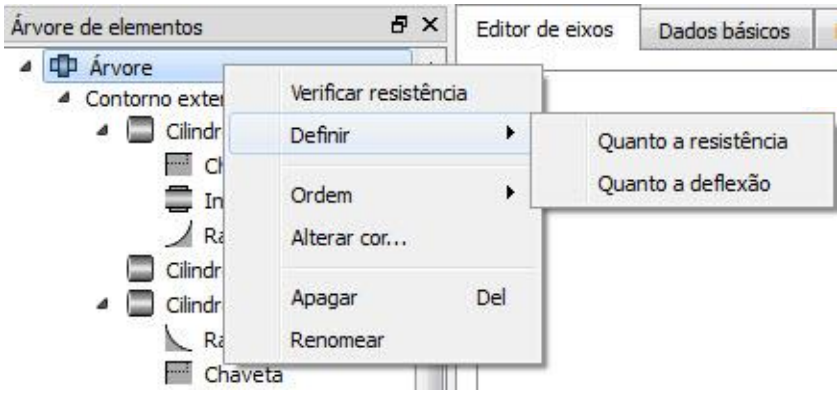


Figura 15. Abra a opção **"Definir" -> "Quanto à resistência" no** menu clicando com o botão direito sobre a Árvore

O resultado do contorno aparece como uma linha verde. Você pode modificar as dimensões da árvore – na medida que se encaixe no projeto – para encaixar sobre a linha verde. Isso permite atingir uma carga praticamente constante (exceto entalhes) ao longo da árvore.

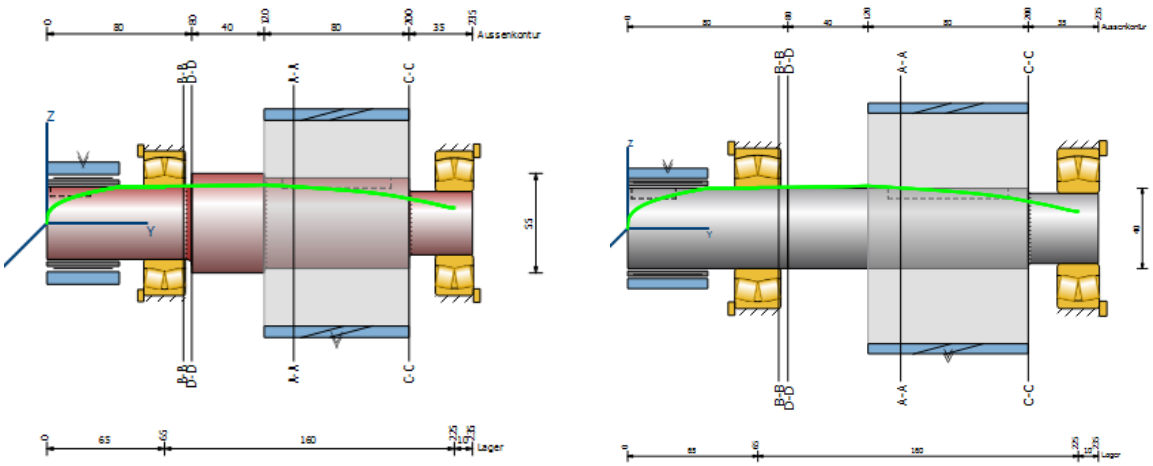


Figura 16. Geometria original com a proposta para o diâmetro dimensionado segundo a resistência (linha verde). À direita: geometria modificada da árvore seguindo a sugestão

2.9 Dimensionamento para deflexão máxima

De maneira análoga, você pode otimizar a geometria da árvore de maneira que a deflexão máxima permitida não seja excedida. Esta deflexão permitida aparece como uma linha magenta sobre o eixo, como mostrado na figura 17. Você encontra essa opção de cálculo em **"Definir"→ "Quanto à deflexão"**. É calculado um fator que aumenta / diminui os diâmetros do eixo garantindo que a deflexão máxima se iguale ao valor pré-definido. Você pode modificar as dimensões da árvore – na medida que se encaixe no projeto – para encaixar sobre a linha magenta.

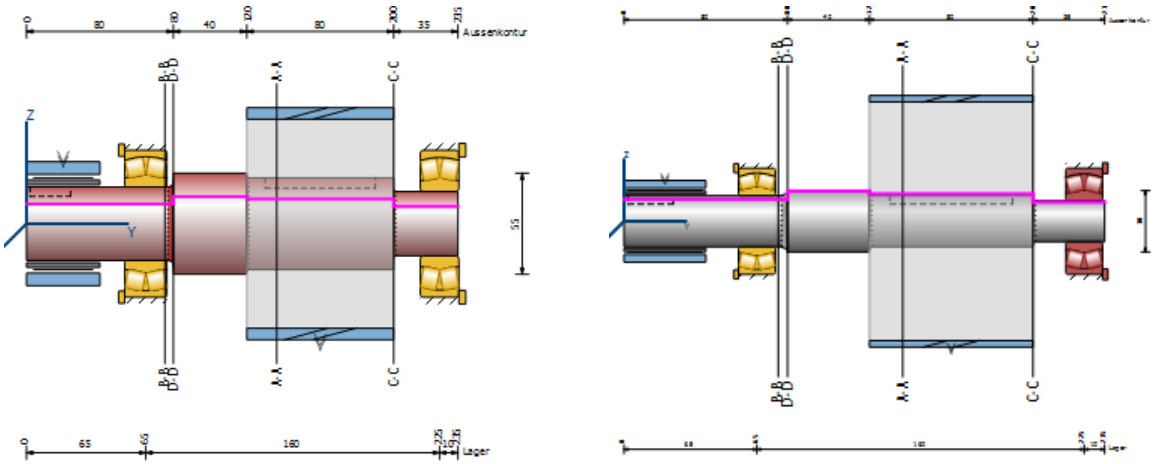


Figura 17. Geometria original com a proposta para o diâmetro dimensionado segundo a deflexão (linha magenta). À direita: geometria modificada da árvore seguindo a sugestão

2.10 Árvores múltiplas

O módulo de cálculo de eixos-árvore também pode analisar diversas árvores coaxiais ao mesmo tempo e no mesmo cálculo. Esse tipo de modelamento é bastante útil na análise de engrenagens planetárias, por exemplo.

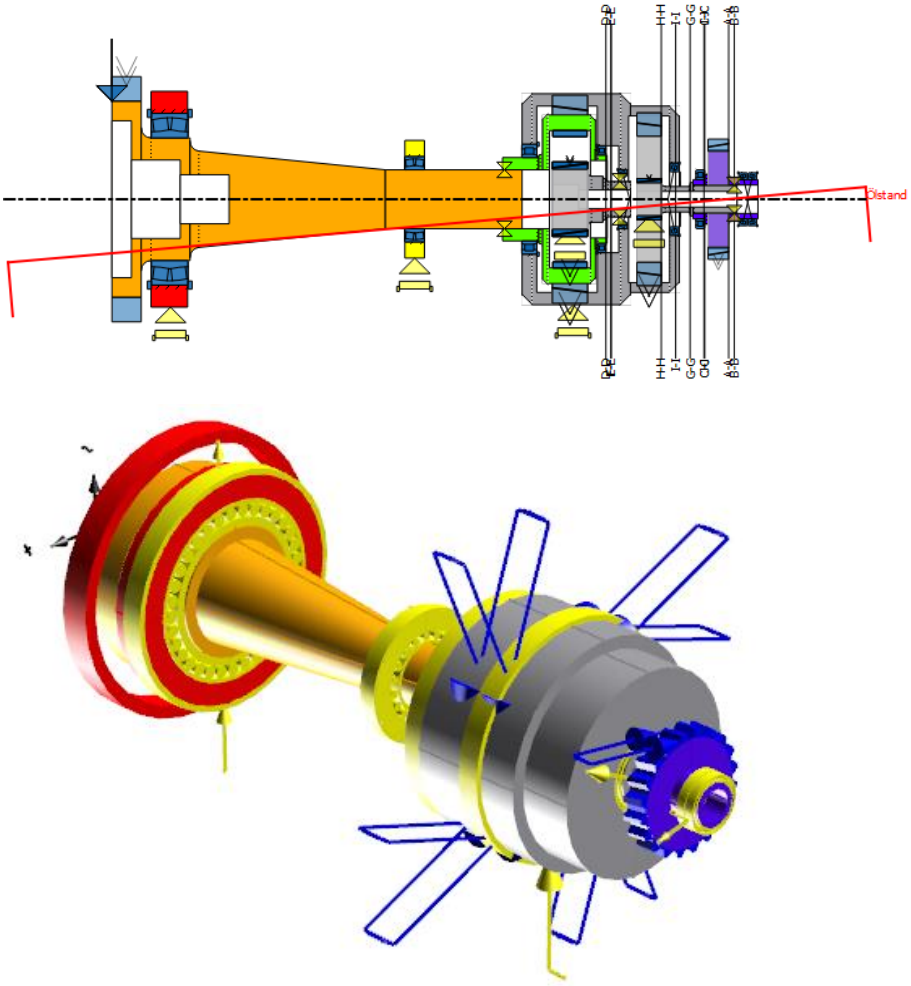


Figura 18. Exemplo “Shafts 2 (Flex pin)”