

Luan Wangara Inguaggiato Costa

**Concepção detalhada de uma bancada para simular esforços mecânicos em
colunas de perfuração**

Luan Wangara Inguaggiato Costa

Concepção detalhada de uma bancada para simular esforços mecânicos em colunas de perfuração

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em (Engenharia Mecânica) da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em (Engenharia Mecânica).

Orientador : José Geraldo Trani Brandão
Co-Orientador: Andreas Nascimeto

Guaratinguetá
2015

C837c Costa, Luan Wangara Inguaggiato
Concepção detalhada de uma bancada para simular esforços mecânicos em colunas de perfuração / Luan Wangara Inguaggiato Costa– Guaratinguetá, 2015.
50 f : il.
Bibliografia: f. 50

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Trani Brandão
Coorientador: Prof. Dr. Andreas Nascimento

1. Perfuração e broqueamento 2. Fadiga - Simulação por computador 3. Torque I. Título

CDU 622.24

unesp  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETA

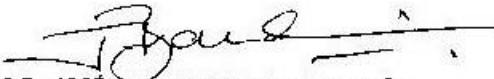
Luiz Wangara Inguaggiato Costa

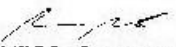
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

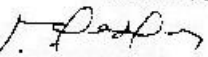
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO CAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ GERALDO TRANI BRANDÃO
Orientador/UNESP-FEG


M.Sc. ANDREAS NASCIMENTO
UNESP-FEG


Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
UNESP-FEG

JANEIRO de 2016

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a toda minha família, que me deu suporte para que eu pudesse alcançar meu objetivo. Gostaria de agradecer também todos os meus amigos durante minha passagem pela UNESP.

Agradeço também a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o setor de Petróleo e Gás PRH-ANP/MCTI (PRH48) apoiou financeiramente este trabalho.

Inguaggiato, W, L. **Concepção Detalhada de uma bancada para simular esforços em colunas de perfuração** .2015. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Neste trabalho aborda-se a construção de uma bancada de teste para simular esforços aplicados a eixos de perfuração sob operação. O modelo é baseado na bancada existente na IDS, Alemanha. Os eixos são passivos de falhas durante seu projeto. Com isso, conhecer e avaliar os esforços nos quais o eixo será submetido é extremamente importante para evitar falhas por fadiga ou rupturas. O estudo realizado permite prever em laboratório o comportamento da coluna, o que do ponto de vista econômico é muito importante pois falhas na coluna durante operação exigem manutenção, que custa tempo e dinheiro podendo gerar prejuízo para a empresa. Utilizando o SolidWorks, software de simulação CAD, aborda-se no trabalho todas as peças necessárias para a construção bem como seus respectivos princípios de funcionamento. Sensores de aquisição de dados como células de carga, acelerômetros e transdutor de torque são utilizados também para a construção da bancada. O trabalho tem como objetivo construir um protótipo de um simulador para ser construído na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Durante o desenvolvimento do trabalho pode-se aprender sobre o setor de perfuração, especialmente sobre esforços solicitantes mecânicos em colunas de perfuração. O estudo realizado foi essencial para o aprendizado sobre o setor e pode capacitar o aluno para a área de perfuração de petróleo. Então, durante a realização do trabalho teve-se contato com diversas áreas da engenharia mas enfatizou-se o modelo da bancada para essa monografia. Portanto o foco da monografia é demonstrar o princípio de funcionamento da bancada e sua construção.

PALAVRAS-CHAVE: Colunas de perfuração. Simulação de esforços em colunas. Bancada experimental mecânica.

COSTA,I,W,L. Detailed design of a rig test constructed in order to simulate the mechanical behavior in drillstrings. 2015. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

In this work we study the construction of a test rig made to simulate the Mechanical efforts in which a drillstring is submitted. The model is based on the rig built at IDS, Germany. There are some fault liabilities while doing the project of the axis. Therefore it's important to analyze and take knowledge of this efforts in order to predict failures like rupture or fatigue collapse. The main objective of this thesis is to show the operating principle of the test rig and its construction. The accomplished study allow us to predict the drillstring behavior and from the economic point of view that is very important because failures results in equipments maintenance that requires time and money causing prejudice to the company. Using SolidWorks, a simulation software, the thesis approaches all the mechanical parts required for its construction as well as its working principle. Acquisition sensors like strain gauges, accelerometer, and torque transducer were also used in this model. The objective of this thesis is to create a simulation model to be eventually at FEG(UNESP). During the development of the study, it was possible to learn more about the drilling process and the mechanical efforts in which the drill pipe is submitted. The accomplished contributed with knowledge for the student in the drilling process area. Also during the development of the study it was possible to have contact with different areas of engineering but the study is specifically directed to the construction of the test rig. Therefore the main theme of this thesis is to show the operating principle of the test rig and its construction.

KEYWORDS: Drillstring. Rig Test. Simulation of Mechanical efforts in drillsrings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sonda de perfuração	13
Figura 2 – Tipos de Vibração	14
Figura 3 – Bancada montada horizontalmente.....	15
Figura 4 – Eixo	19
Figura 5 – Esforços solicitantes no eixo.....	20
Figura 6 – Tensões exercidas sobre o eixo	21
Figura 7 – Deformações impostas no eixo	21
Figura 8 – Diagrama S-N	22
Figura 9 – Número máximo de ciclos	23
Figura 10 – Ponte de Wheatstone	25
Figura 11 – Célula de Carga	26
Figura 12 – Vista Isométrica do Liner Central	27
Figura 13 – Vista Isométrica Base Principal da Bancada	28
Figura 14 – Vista Isométrica da Chapa Central	29
Figura 15 – Vista Isométrica do Suporte da Chapa Central	30
Figura 16 – Vista Isométrica do Disco Central	31
Figura 17 – Vista Isométrica do Flange do Disco Central	31
Figura 18 – Parafuso de Deslocamento	32
Figura 19 – Vista Isométrica do Mancal do Parafuso	33
Figura 20 – Transdutor de Torque	33
Figura 21 – Vista Isométrica Mancal de Rolamento	34

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO	9
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	10
1.3 METODOLOGIA	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 PROCESSO DE PERFURAÇÃO	12
2.1 ORIGEM DO PETRÓLEO	12
2.2 EQUIPAMENTOS E PARÂMETROS DO PROCESSO DE PERFURAÇÃO	12
2.3 VIBRAÇÃO EM PROCESSOS DE PERFURAÇÃO	14
2.3.1 Vibração Lateral	15
2.3.2 Vibração Axial	15
2.3.3 Vibração Torcional	15
3. DESCRIÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO	16
3.1 MODOS DE FALHA E PARÂMETRO AVALIADOS	16
3.2 RESULTADOS ESPERADOS	16
3.3 INTRODUÇÃO AO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA BANCADA	16
3.3.1 Bancada Horizontal	16
3.3.2 Dimensões do eixo	17
3.3.3 Acionamento e Módulo de Contato	17
3.3.4 Sensores e Aquisição de dados	18
3.4 FUNCIONAMENTO DA BANCADA	18
4. CONSTRUÇÃO E COMPONENTES DA BANCADA EXPERIMENTAL	19
4.1 MATERIAL DOS COMPONENTES	19
4.2 TIPO DE CARREGAMENTO	19
4.3 DESCRIÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO	20
4.3.1 Dimensionamento do eixo através do SolidWorks	20
4.3.2 Desenho do Eixo	20
4.3.3 Simulação dos esforços estáticos	21
4.3.4 Simulação dos Esforços Dinâmicos	23
5 COMPONENTES DA BANCADA	26
5.1 COMPONENTES DO MÓDULO DE CONTATO	26
5.1.1 Células de Carga	26
5.1.2 Acelerômetro	28
5.1.3 Base Principal	28
5.1.4 Liner Central	29
5.1.5 Chapa Central	29
5.1.6 Suporte Chapa Central	30
5.1.7 Disco Central	31
5.1.8 Flange do Disco Central	32
5.1.9 Parafuso de Deslocamento	32
5.1.10 Mancal do Parafuso	33
5.1.11 Transdutor de torque	34
5.1.12 Mancal de Rolamento	35
5.1.13 Motor de Acionamento	35
6. MONTAGEM DA BANCADA	36
6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	36

6.2 MONTAGEM DOS PÉS ROSCADOS	36
6.3 MONTAGEM DO LINER CENTRAL E DO MANCAL DO PARAFUSO	36
6.4 MONTAGEM DOS SUPORTES NA CHAPA CENTRAL	36
6.5 MONTAGEM DO DISCO CENTRAL, FLANGE E CÉLULAS DE CARGA.....	37
6.6 MONTAGEM DOS MANCAIS, EIXO E TRANSDUTOR	37
7. DESENHOS DOS COMPONENTES.....	38
7.1 DESENHO DO EIXO	38
7.2 DESENHO BASE PRINCIPAL.....	39
7.3 DESENHO LINER CENTRAL	40
7.4 DESENHO CHAPA CENTRAL	41
7.5 DESENHO SUPORTE CHAPA	42
7.6 DESENHO FLANGE DO DISCO	43
7.7 DESENHO DO MANCAL DO PARAFUSO.....	44
7.8 DESENHO DO PARAFUSO DE DESLOCAMENTO	45
7.9 DESENHO DA CÉLULA DE CARGA.....	46
7.10 DESENHO DO PINO DO DISCO CENTRAL (CUBO)	47
7.11 DESENHO DO OLHAL DA CÉLULA DE CARGA	48
8. CONCLUSÃO.....	49
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas etapas do processo de extração de petróleo, a perfuração destaca-se como uma das mais custosas etapas. Com isso, uma análise precisa é importante para a implementação de um projeto economicamente viável. A decisão de perfuração é tomada como consequência das análises sísmicas e geológicas do local. Além desses fatores considere-se fundamentalmente a localização do poço, ou seja, um poço que seja próximo à costa será preferível economicamente do que um outro que seja mais distante. Com o passar dos anos, os poços de petróleo se esgotam e existe a necessidade progressiva de se procurar novos poços, mais longes da costa. Isso gera um custo maior no processo de perfuração pois o acesso é muito mais difícil nesses locais.

Então, com a extração de petróleo em lugares cada vez mais adversos, é fundamental o desenvolvimento de novas tecnologias e um monitoramento preciso da plataforma petrolífera. A análise dos efeitos dos esforços solicitantes no eixo é de extrema importância para prever falhas e aumentar a vida útil do eixo. O projeto consiste em reproduzir um sistema que simule e consiga analisar mecanicamente a coluna de perfuração sobre condições operacionais e prever seu comportamento.

O projeto é baseado na monografia desenvolvida pelo ex-aluno da FEG Vinicius Pereira Camargo na IDS (Institut für Dynamik und Schwingungen), Alemanha. Os componentes mecânicos descritos nesse projeto foram baseados nessa tese e serão utilizados como referência para a construção da bancada.

1.1 Objetivo

O objetivo principal do trabalho é propor um modelo para a construção de uma bancada de simulação no laboratório da FEG, UNESP. Com isso o foco do projeto é a especificação dos componentes do projeto e a montagem da bancada. A construção da bancada facilitará a compreensão do processo de perfuração de petróleo analisando o efeito do atrito entre o material perfurado e a coluna.

O trabalho aborda áreas diferentes de conhecimento então pode-se listar três objetivos secundários:

- Familiarização do processo de perfuração de petróleo bem como seus equipamentos.
- Familiarização com o software de simulação SolidWorks.
- Analisar e compreender efeitos vibracionais que podem ocasionar fadiga mecânica.

Esta monografia aborda uma concepção de um modelo em CAD para realizar a simulação do processo, tendo como objetivo detalhar os componentes mecânicos utilizados em sua construção.

1.2 Justificativa e Relevância

Visando o lucro e a eficiência é extremamente necessário que se otimize os sistemas de perfuração. Isso porque qualquer problema técnico durante o processo de perfuração, agravado pela distância dos poços, culmina em um custo de manutenção dos equipamentos, que pode gerar gastos excessivos, tornando inviável a perfuração. Nesse contexto, uma simulação da coluna de perfuração de petróleo torna-se viável para ajudar a melhorar e prever o processo. Com esse estudo, pode-se analisar e prever falhas mecânicas que custariam muito caro e consequentemente causariam prejuízo ao processo.

1.3 Metodologia

Para a elaboração do modelo foi feita uma análise do processo de perfuração através da consulta de artigos, livros e trabalhos de graduação. Conforme citado anteriormente, a fonte principal de consulta foi um projeto de uma bancada horizontal construído na IDS (Institut für Dynamik und Schwingungen).

Para a elaboração do modelo utilizou-se o software de simulação SolidWorks para auxílio da confecção em modelo CAD dos componentes da bancada. Todos os elementos do modelo foram simulados e analisados com a utilização desse software.

Uma das questões importantes analisadas para o modelo foi a viabilidade em simular parâmetros reais com os parâmetros utilizados na bancada. Com isso analisou-se também uma forma de realizar uma análise dimensional relevante para propor valores de simulação adequados para simular o processo de perfuração.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi subdividido em capítulos para facilitar sua estruturação e sua compreensão. O capítulo 2 apresenta uma descrição do processo de perfuração e dos principais equipamentos utilizados durante o processo. Este capítulo também aborda os principais tipos de vibrações na coluna de perfuração.

O capítulo 3 aborda uma introdução ao princípio de funcionamento da bancada junto com os resultados esperados para a simulação.

O capítulo 4 envolve o projeto do eixo projetado, que terá como função simular a coluna de perfuração. Nessa seção aborda-se as dimensões do eixo bem como seu projeto considerando cargas estáticas e cargas dinâmicas.

O capítulo 5 é um dos capítulos mais importantes do trabalho. Nele está descrito todos os componentes da bancada e suas respectivas funções. Os desenhos isométricos de cada componente também estão contidos nesta seção. As dimensões dos componentes não são mostradas nessa seção, apenas as vistas isométricas para facilitar a compreensão dos componentes.

O capítulo 6 consta os detalhes de montagem da bancada. Nesta seção o processo de montagem é explicado com detalhes.

Finalmente, o capítulo 7 possui todos os desenhos técnicos dos componentes da bancada. Os desenhos possuem todas as cotas e vistas pertinentes para a fabricação das peças.

2 PROCESSO DE PERFURAÇÃO

2.1 Origem do Petróleo

O petróleo é um combustível que foi formado milhões de anos atrás. Segundo (energia,1999): “O petróleo é um combustível fóssil originado de restos de vida aquática animal acumulados no fundo de oceanos primitivos e coberto por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram-no em massas homogêneas viscosas de coloração negra, denominadas jazidas de petróleo”.

2.2 Equipamentos e parâmetros do processo de perfuração

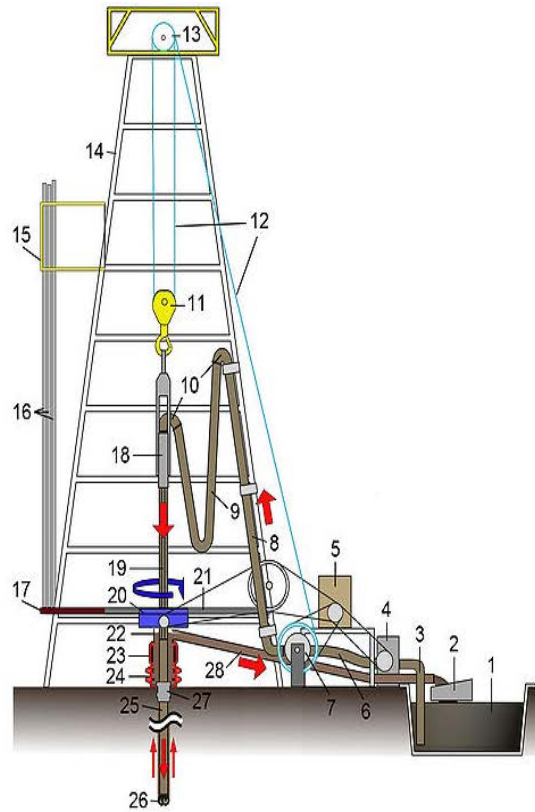
Os equipamentos utilizados no processo para alcançar os poços profundos são formados por alguns componentes. Um motor (diesel ou elétrico), uma grua (estrutura de suporte), uma mesa giratória (responsável pela rotação) e os equipamentos de perfuração como a broca e a coluna de perfuração. A broca é a parte responsável pelo corte das rochas, sua forma e o material podem variar. A coluna de perfuração é formada pelo colar da broca, na qual é a parte mais pesada e alguns tubos de perfuração. Os tubos são segmentos longos e são parafusados uns aos outros. Em volta da broca tem uma proteção de concreto, prevenindo o colapso da estrutura. Um sistema de circulação do fluido também é necessário para reduzir o atrito na perfuração. “CAMARGO, Vinicius Pereira, **Modification of a scaled test rig for Experimental Investigations of Drillstring Friction**, IDS, 2011.p8,9.”

Para começar o processo de perfuração, uma força de compressão nas rochas é necessária. Essa força não pode ser aplicada na parte de cima da coluna devido ao risco de flambagem. Então o colar da broca (mais pesado que o tubo), é utilizado para iniciar a força de compressão (MORITZ,2008).

De acordo com (MORITZ, 2008) e (JANSEN, 1993) existem três variáveis que podem ser controladas durante o processo de furação: Número de revoluções por minuto da coluna, a força de tração e a vazão do fluido de perfuração. A velocidade é dada em RPM e pode ser controlada pelo sistema motor. A velocidade desejada não excede 200 RPM. A tração é gerada por um gancho e um motor. Esta força também é uma estimativa para o peso do colar, que é a força exercida na broca. O valor não é muito exato devido ao contato da coluna com o furo, afetando as forças axiais. O valor desejado da força varia de 0 até 250Kn. Sensores podem ser instalados perto do furo para medir o peso na broca de maneira mais precisa e transmitir os dados até a superfície. A terceira parte variável que pode ser controlada, o fluxo, é controlado

por uma bomba. A vazão flutua entre 10 e 50 litros por segundo. Pode-se ver um esquema de uma sonda de perfuração na figura abaixo

Figura 1 (Sonda de perfuração)



A sonda é composta pelos seguintes equipamentos:

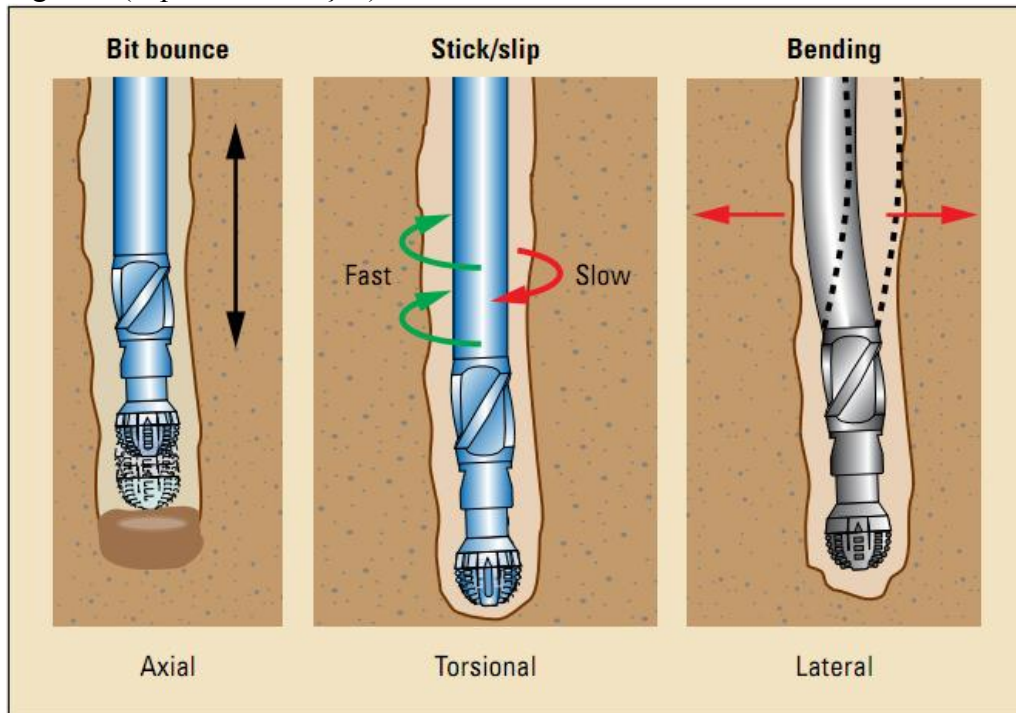
01. Tanque de lama
02. Agitadores de argila
03. Linha de sucção de lama
04. Bomba do sistema de lama
05. Motor
06. Mangueira vibratória
07. Draw-works
08. Standpipe
09. Mangueira da Kelly
10. Goose-neck (Pescoço de ganso)
11. Traveling block
12. Linha de perfuração
13. Crown block
14. Derrick
15. Monkey board
16. Stand do duto de perfuração
17. Pipe rack
18. Swivel
19. Kelly drive
20. Mesa rotatória
21. Superfície de perfuração
22. Bell nipple
23. Anulo do Blowout preventer (BOP - sistema de prevenção de fluxo descontrolado)
24. Dutos do Blowout preventer
25. Linha de perfuração
26. Broca de perfuração

27. Cabeça do Casing
28. Duto de retorno da lama

Fonte: <http://pesquisandopetroleo.blogspot.com.br/2009/06/sonda-de-perfuracao.html>

2.3 Vibração em processos de perfuração

Figura 2 (Tipos de Vibração)



Fonte: (SCHLUMBERGER,2010)

Choques e vibrações causam problemas frequentes nas colunas de perfuração. As vibrações podem resultar de choques e são prejudiciais porque podem danificar o equipamento de perfuração, através da fadiga mecânica. Além disso as vibrações dissipam energia mecânica do sistema, reduzindo a taxa de penetração da broca, (SPANOS, 2003). SCHLUMBERGER (2010), afirma que existem três tipos de vibração no qual o eixo é submetido.

2.3.1 Vibração Lateral

A movimentação lateral do eixo pode causar choques e essa vibração lateral é considerada a mais destrutiva no processo de furação. A vibração lateral pode causar instabilidade durante o processo e causar choques entre o eixo e a parede. Outros tipos de vibração também podem iniciar a vibração lateral do eixo. Esse tipo de vibração gera fadiga extrema no eixo e frequências de vibração elevadas.

2.3.2 Vibração Axial

Vibrações axiais atuam na direção axial da coluna de perfuração. Elas ocorrem devido aos esforços normais na direção axial. Quanto mais profundo os poços e mais pesada a coluna maior será a tensão na coluna. O impacto da broca causa compressão na coluna. Por esse motivo vibrações axiais são mais prováveis de ocorrer em perfurações de poços mais verticais. Um modo de minimizar esse tipo de vibração é inclinar levemente a coluna.

Um tipo especial de vibração axial ocorre quando a broca perde o contato com o furo e é denominada “Bit Bounce”. O modo de vibração faz com que a broca martele no furo, que pode causar cortes na broca e danos nos rolamentos.

2.3.3 Vibração Torcional

Uma coluna de perfuração pode ser modelada como um sistema torcional pendular, submetido a oscilações torcionais resultante da redução momentânea ou total da velocidade da coluna. Esse fenômeno ocorre quando a broca entra profundamente no solo e reduz seu movimento relativo à coluna.

3. DESCRIÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO

3.1 Modos de Falha e Parâmetro Avaliados

O processo de perfuração é complexo e exige operações e parâmetros muito bem definidos para evitar falhas no eixo. Essas falhas na maioria das vezes são causadas por fadiga no eixo que por sua vez pode ser reduzida analisando os parâmetros de entrada do processo. Parâmetros como rotação, torque, força normal, comprimento, diâmetro, material, afetam diretamente o comportamento do eixo e por consequência sua vida útil de trabalho.

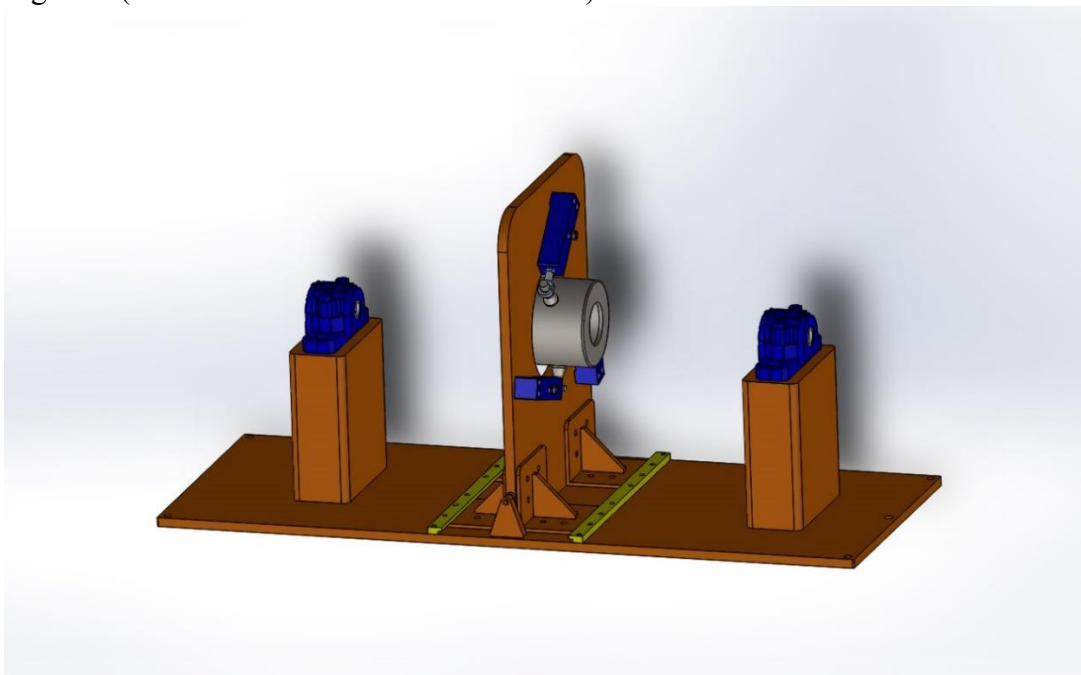
3.2 Resultados Esperados

Espera-se poder analisar o impacto do material rochoso a ser perfurado no eixo. Com a utilização de sensores, pode-se medir vibração, força e torque no eixo durante seu contato com o material. Conforme dito, o conhecimento da influência desses parâmetros no eixo é de extrema utilidade para o processo de perfuração.

3.3 Introdução ao Princípio de funcionamento da bancada

3.3.1 Bancada Horizontal

Figura 3 (Bancada Montada Horizontalmente)



Fonte: Elaborado pelo autor

A bancada será construída horizontalmente devido considerando a facilidade da construção e simulação do eixo nessa posição. É importante enfatizar que a situação simulada difere da simulação real, visto que o eixo em operação fica na posição vertical ou inclinado dependendo do poço atingido. Na figura acima pode-se ver uma vista da bancada completa. Ela possui um comprimento, largura, e altura de respectivamente, 1000mm, 400mm e 400mm.

Construindo a bancada horizontalmente tira-se o efeito do peso do eixo sobre o ponto de aplicação da força. Com isso desconsidera-se o efeito de flambagem devido ao peso do eixo. Isso não afeta muito o experimento visto que os esforços normais e de torção se sobressaem em relação ao peso da coluna.

3.3.2 Dimensões do eixo

As dimensões do eixo serão adotadas inicialmente por questões de praticidade. Será utilizado o software SolidWorks para auxílio nas dimensões e simulações. O eixo será bi-apoiado em dois mancais de rolamentos fixados na base da bancada.

3.3.3 Acionamento e Módulo de Contato

Será utilizado um motor elétrico para o acionamento do sistema. O motor será acoplado a um transdutor de torque e depois ao eixo.

Conforme citado na introdução, durante a operação de um eixo de perfuração de Petróleo o eixo é submetido a três esforços básicos, momento, torção. Para simular esses três esforços de maneira prática e viável utilizara-se uma peça denominada módulo de contato. Essa peça foi utilizada na bancada construída na IDS, universidade Alemã e será utilizada como base para a essa bancada.

O módulo de contato trata-se de uma peça onde o eixo ficará em contato com uma superfície. Esse contato poderá ser ajustado através de pinos movimentando o módulo lateralmente em relação ao eixo. Esse ajuste lateral será utilizado para o ajuste da carga no eixo.

O módulo de contato também é composto por um prato vazado de modo em que podemos trocar o material a ser tocado pelo eixo. Com isso consegue-se simular diferentes materiais rochosos em contato com a superfície do eixo. Também podemos encher o prato com um aço qualquer apenas para visualizar os efeitos vibracionais do sistema.

3.3.4 Sensores e Aquisição de dados

Para o controle e aquisição dos dados colhidos utilizara-se alguns sensores.

O transdutor de torque acoplado inicialmente ao eixo terá como função medir o torque instantâneo exercido sobre o eixo devido ao contato com o módulo.

Serão utilizados acelerômetros nas duas direções perpendiculares ao eixo para medir a vibração nessas duas coordenadas.

No módulo de contato também utilizaremos três células de carga com a função de medir a força radial exercida sobre o eixo.

Os dados serão colhidos através de circuitos eletrônicos e conectados através de um software no computador.

3.4 Funcionamento da Bancada

O funcionamento da bancada é relativamente simples. Ao ligar o motor o eixo começará sua rotação. Parte do eixo estará em contato com o módulo de contato, que tem como função simular o processo de perfuração. Esse contato implicará em esforços no eixo que então começará a vibrar. Essa vibração será causada pelo contato entre o eixo e o composto inserido no módulo, rochas por exemplo. A vibração será colhida e observada através dos sensores.

4. CONSTRUÇÃO E COMPONENTES DA BANCADA EXPERIMENTAL

4.1 Material dos componentes

O material utilizado para fazer o eixo deve ser selecionado de acordo com os esforços solicitantes. O material deve ter uma dureza e resistência a tração elevados para suportar os esforços de torção e de momento. O material mais apropriado para eixos é o aço devido ao seu alto módulo de Elasticidade afim de minimizar deflexões no eixo.

As tensões nas quais o eixo será submetido serão médias, e o diâmetro do eixo não será grande. Com isso o aço escolhido para o projeto será o Aço SAE 1045 laminado a frio. O aço possui uma Resistência ao Escoamento de 531 Mpa, Resistencia a tração de 627 Mpa e uma dureza Brinell de 179 HB.(NORTON,2004,p.850).

O material utilizado em todos os componentes que constituem a bancada será também o aço estrutural SAE 1045 laminado a frio.

4.2 Tipo de Carregamento

É fundamental para o dimensionamento de um eixo conhecer e definir o tipo de carregamento no qual ele será submetido. Como o módulo de contato ficará oscilando sua posição lateral mesmo que ligeiramente, o eixo sofrerá uma combinação de esforços alternados de torção e flexão. Com isso, um carregamento de tensão e momento alternados serão considerados para o projeto do eixo.

4.3 Descrição e concepção do projeto

4.3.1 Dimensionamento do eixo através do SolidWorks

O eixo é maciço e terá um comprimento total de 800mm. Enquanto aos esforços aplicados iremos utilizar como referência a tabela abaixo do livro Herlitzius. Essa tabela refere-se a valores retirados através da teoria dos números aplicada a estruturas. Nessa teoria encontra-se valores adequados para simular esforços reais em modelos menores. Nesse projeto esses valores são importantes para obter-se uma noção de grandeza dos esforços que iremos aplicar no eixo.

	Real'	Model
Max Torque [Nm]	10000	200
Max Normal Force [kN]	90	6,5
Average speed [RPM]	80	300
Max Speed [RPM]	200	740

Tabela 1 (Herlitzius)

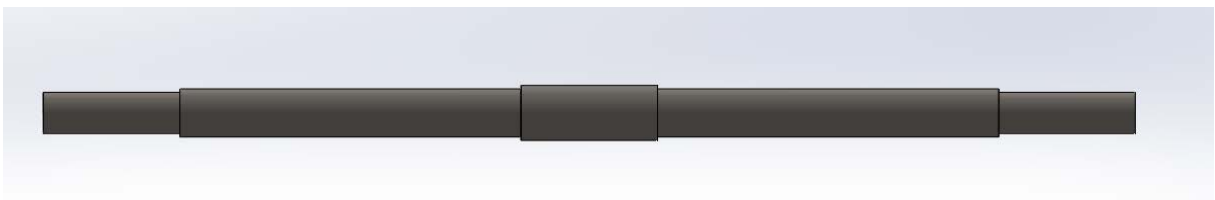
As dimensões do eixo devem ser todas especificadas. Será utilizado o software de simulação SolidWorks para modelagem do projeto.

Para fazer um bom dimensionamento de um eixo deve-se ter certeza de que o diâmetro do eixo suporte às tensões aplicadas. Também deve-se levar em conta a aplicação do projeto. Por isso o eixo tem que ter um tamanho adequado para que se possa visualizar a simulação e para que os dispositivos de aquisição de dados possam ser instalados de forma adequada.

4.3.2 Desenho do Eixo

O eixo será escalonado e as distâncias entre os rebaixos serão adotadas para dar início ao projeto. Consideramos o espaçamento adequado para os acoplamentos, rolamentos e o módulo do contato. A figura abaixo mostra um desenho do eixo a ser utilizado.

Figura 4 (Eixo)



Fonte: Elaborado pelo autor

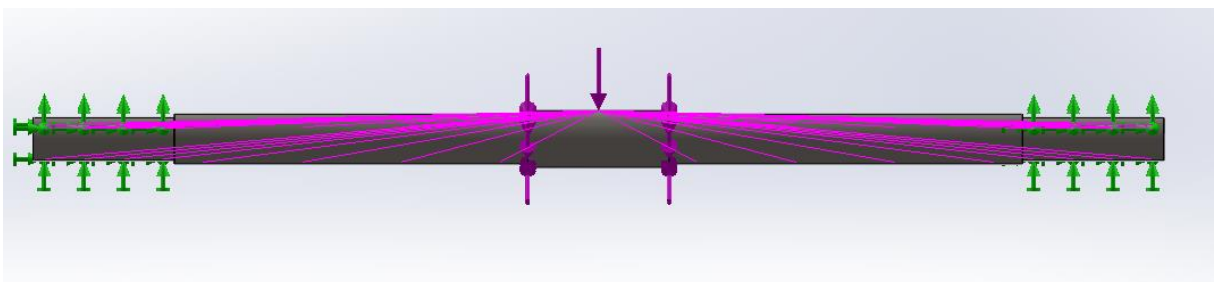
Em relação aos esforços será simulado no SolidWorks como se o eixo estivesse estático para prever qualquer tipo de falha estática e depois verificara-se a falha por fadiga para analisar o eixo em movimento.

4.3.3 Simulação dos esforços estáticos

A força normal máxima será de 6,5kN de acordo com a tabela1. Será considerado um torque estático máximo de 200N.m na hora da partida do motor. O valor do torque aplicado irá reduzir durante a aplicação devido ao eixo já estar em movimento de rotação. Para esse projeto será considerado um fator de serviço igual a 1,4 considerando rendimento mecânico dos componentes utilizados e uma margem de segurança, ou seja, o eixo deverá suportar 9,1kN apesar de sua força máxima de projeto ser 6,5kN.

Para simular os esforços solicitantes no estáticos será considerado o eixo bi-apoiado em dois rolamentos de esferas. Com isso pode-se modelar o carregamento estático como uma viga de seção circular bi-apoiada. A seção do meio do eixo entrará em contato com o módulo de contato estará em contato com uma força distribuída. O carregamento considerado, entretanto, foi de carga concentrada, visando a segurança do projeto. Além disso será adicionado um torque máximo de 280N.m, considerando o fator de serviço, entre a seção do acoplamento e a seção do módulo de contato. O eixo será travado em suas pontas, engastado, simulando o esforço normal e o torque aplicado no eixo. A figura abaixo mostra o eixo travado nas extremidades. As flechas em roxo representam a carga de 9,1kN concentrada e o Torque de 280N.m. A figura 5 abaixo mostra a simulação do eixo obtida através do Solidworks

Figura 5 (Esforços solicitantes no eixo)

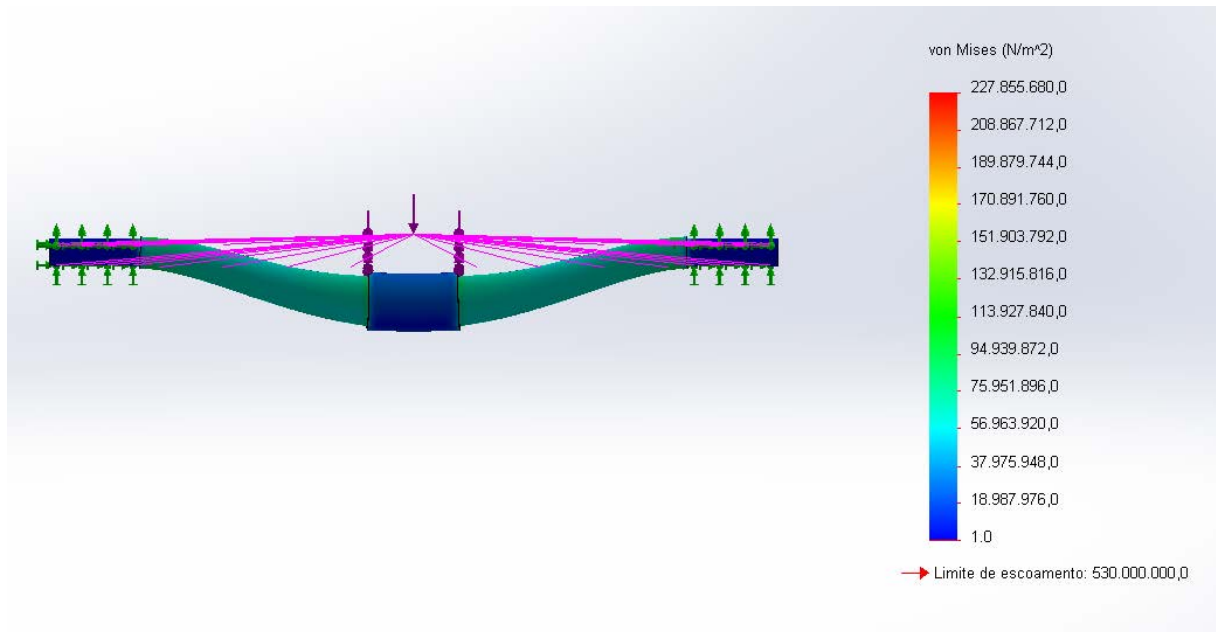


Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando a ferramenta de Simulação do SolidWorks pode-se prever as tensões e as deformações nas quais o eixo será submetido. O software utiliza o critério de Von Mises para os cálculos.

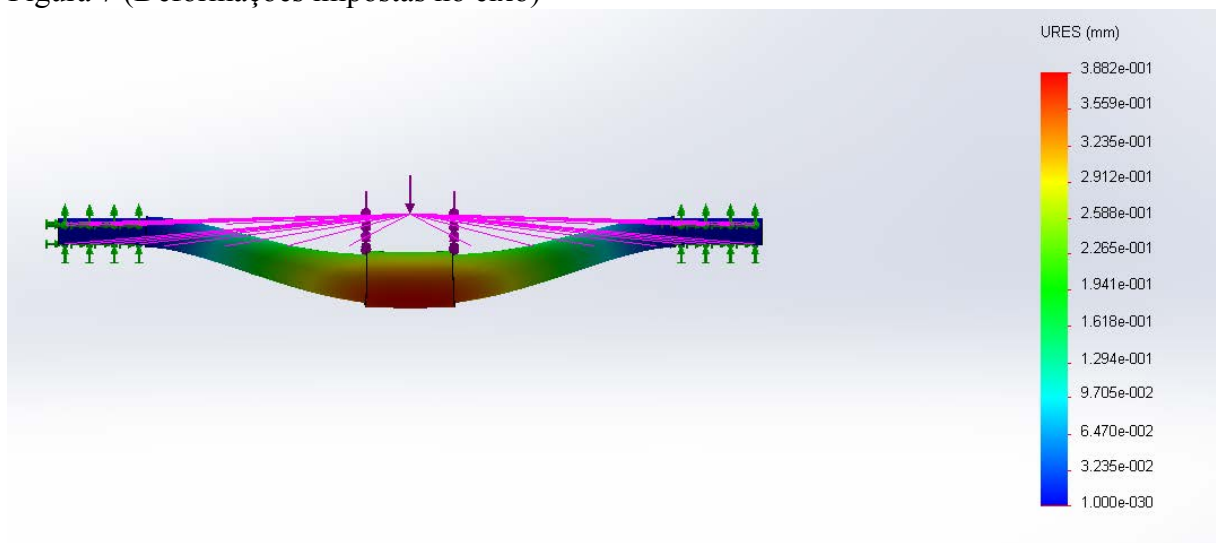
Após a simulação pode-se ver e analisar na figura 6 e 7 o efeito dos esforços sobre o eixo.

Figura 6 (Tensões exercidas sobre o eixo)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 (Deformações impostas no eixo)



Fonte: Elaborado pelo autor

Através da simulação verifica-se que o eixo suportará as cargas estáticas com o coeficiente de segurança adotado. A tensão máxima no eixo, nessas condições, será de aproximadamente 130 MPa e a tensão de escoamento do material é de 531 MPa.

Devido as considerações do modelo construído para simular os esforços, os valores reais de tensão e deformação serão diferentes dos simulados. Porém como a simulação foi feita em uma condição mais agravante em relação aos esforços, os valores de tensão e deformação no eixo serão ainda menores que os valores mostrados nas tabelas. É importante conhecer a dimensão do deslocamento do eixo pois com isso conseguimos estimar qual o deslocamento deverá ser provocado entre o módulo de contato e o eixo para que se consiga a força desejada no eixo.

O modelo criado e simulado serve como base para verificar se as cotas adotadas para o eixo satisfazem as condições de trabalho e de projeto.

4.3.4 Simulação dos Esforços Dinâmicos

Durante a perfuração de um poço é fundamental conhecer o comportamento do eixo sobre carregamento cíclico, ou seja, é necessário conhecer seu comportamento sobre fadiga. A maioria das falhas em máquinas acontecem com cargas que variam com o tempo e não a esforços estáticos. Pode-se, então, definir a falha por fadiga como falhas provocadas por carregamentos alternados repetitivos. (NORTON,2004,p.292)

Para prever o comportamento do eixo sob carregamento cíclico, ou seja, o eixo em suas condições reais de aplicação utilizaremos o diagrama S-N ou Curva de Wöhler. A figura 8 abaixo mostra o diagrama de Wöhler .

Figura 8 (Diagrama S-N)

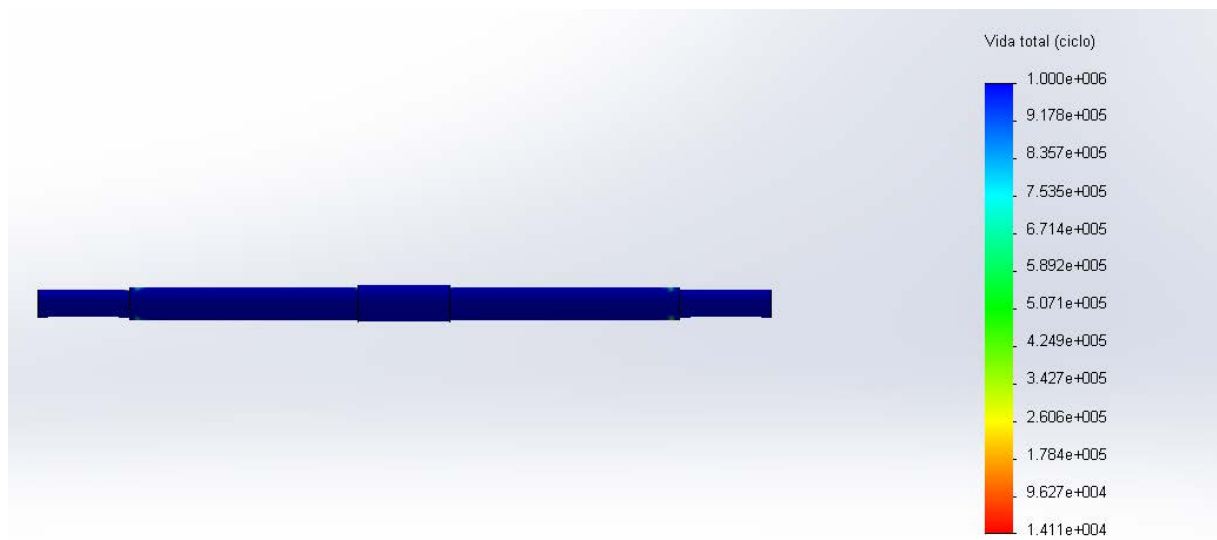


Fonte: Elaborado pelo autor

O diagrama mostra a relação entre tensão aplicada e o número de ciclos que o material suporta antes de falhar por fadiga. O parâmetro Se' refere-se ao limite de fadiga para o material e pode ser definido como a tensão no qual nenhum valor abaixo dela ocorrerá falha por fadiga, ou seja, o material terá vida infinita para qualquer tensão menor que esse limite. Pode-se definir esse valor para aços como sendo $Se' = 0,5 \times Sut$ sendo $Sut < 200\text{kpsi}$. (NORTON, 2004, p315). Conforme citado anteriormente, Sut refere-se ao limite de resistência a tração do material. No caso do aço SAE 1045 esse valor é de 91kpsi. Sendo assim, o critério para o limite de fadiga se aplica a esse aço.

Para a determinação do comportamento do eixo sobre fadiga fez-se um estudo de fadiga através do SolidWorks utilizando curvas de aço carbono ASME. A figura 9 abaixo mostra o número máximo de ciclos suportados pelo eixo.

Figura 9 (Número máximo de ciclos)



Fonte: Elaborado pelo autor

Através do critério ASME e da curva S-N do material pode-se dizer que o eixo tem vida infinita em relação ao carregamento aplicado. É importante lembrar que o modelo construído estará sobre efeitos vibracionais provocados pelo módulo de contato que aumentam a fadiga no eixo. Essas vibrações são inerentes ao processo logo não podem ser evitadas ou previstas nesse modelo. Como o eixo foi superestimado espera-se que essas vibrações não afetem a vida do eixo. Portanto, ao construir a bancada deve-se controlar e medir as vibrações no eixo e analisar

seus efeitos sobre a estrutura da bancada. Por isso utilizaremos acelerômetros sobre o eixo, para analisar as vibrações simulando um processo de perfuração real.

5 COMPONENTES DA BANCADA

5.1 Componentes Do Módulo de Contato

5.1.1 Células de Carga

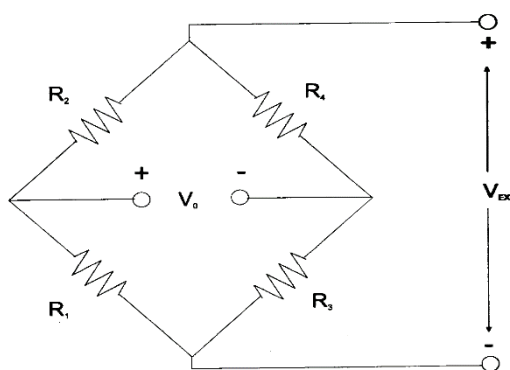
Células de carga são transdutores de força que transformam força em um sinal elétrico. Seu funcionamento baseia-se na variação de resistência de um resistor extensômetro. Conforme a célula é solicitada mecanicamente o comprimento do extensômetro varia e com isso sua resistência varia através da seguinte relação:

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \quad (1)$$

Onde R é a resistência elétrica, ρ é a constante de resistividade do material, L é o comprimento do resistor e A a área do resistor. Como ρ e A são constantes, ao variar-se o comprimento (L) do resistor varia-se sua resistência elétrica. Uma célula de carga tem como um de seus resistores extensômetros, ou seja, resistores cujo a deformação específica é conhecida.

O circuito interno de uma célula de carga está ligado em uma Ponte de Wheatstone. A figura 10 mostra um esquema do funcionamento da ponte de Wheatstone.

Figura 10 (Ponte de Wheatstone)



Fonte: <http://www.profelectro.info/aquisicao-e-tratamento-de-dados-%E2%80%93-teoria-11-pontes-de-wheatstone/>

A célula de carga precisa de dois fios de alimentação para V_a e dois fios coletores para medir a tensão V_s . Com isso e através variando-se a Resistência do extensômetro a célula de carga consegue transformar a tensão V_s em força através de uma relação linear entre as duas grandezas. Para isso é importante introduzir as seguintes expressões:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

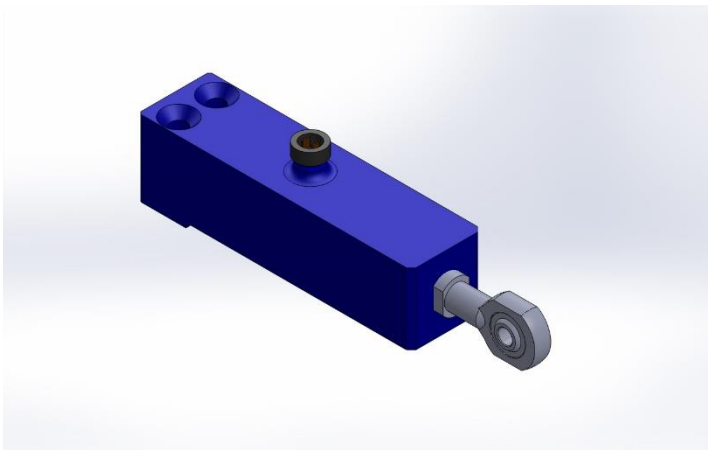
$$\sigma = E \times \varepsilon \quad (3)$$

Onde σ é a tensão, F a força, e ε é a constante de deformação específica do material.

Por questão de simetria e balanceamento, para uma distribuição mais uniforme da carga serão utilizadas três células de carga para a aquisição da força. Para a especificação de célula de carga utilizou-se o catálogo da HBM considerando a força aplicada no eixo. Para fixar a célula de carga na Chapa será utilizado um olhal.

Abaixo, na figura 11, um modelo isométrico da célula de carga. Essa célula de carga permite calcular forças até 10kN.

Figura 11 (Célula de Carga)



Fonte: Adaptado pelo autor

5.1.2 Acelerômetro

Para medir-se a vibração do eixo será utilizado um acelerômetro de três eixos. Com isso será possível detectar as vibrações laterais e axiais do eixo. O acelerômetro possui uma saída analógica então pode-se usar um microcontrolador como o Arduino para a visualização das vibrações. Ele deverá ser instalado no disco para detectar as vibrações. O acelerômetro utilizado será o MMA7361.

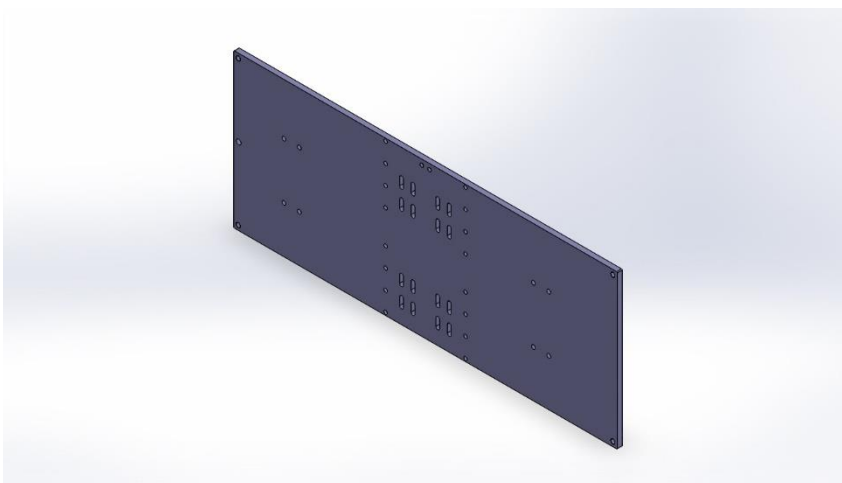
5.1.3 Base Principal

A base principal da bancada consiste em uma chapa de aço 1045. Nela serão fixados o suporte para o módulo de contato. A chapa possui quatros furos em cada uma de suas extremidades onde serão montados os pés roscados para o suporte da bancada.

Os furos centrais são para parafusar o Liner Central. Na figura pode-se visualizar também dois furos equidistantes da linha de centro da placa, onde será parafusado o Mancal para o Parafuso de Carga.

Os furos oblongs serão utilizados para parafusar o suporte na posição desejada. Com isso será possível regular a força na qual o eixo será submetido. Abaixo segue uma vista isométrica da Base Principal.

Figura 12 (Vista Isométrica Base Principal da Bancada)



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.4 Liner Central

Essa peça é fundamental para a simulação do processo de perfuração. Ela consiste em uma chapa que será parafusada em cada lado da Base principal. Sua função é permitir que o módulo de contato se desloque de maneira suave durante sua montagem. O Liner também será feito de Aço 1045. No desenho Isométrico podemos perceber que existem furos roscados ao longo de seu comprimento. Esses furos são para a montagem do Liner na Base Principal. Abaixo segue uma vista isométrica do Liner Central.

Figura 13 (Vista Isométrica do Liner Central)

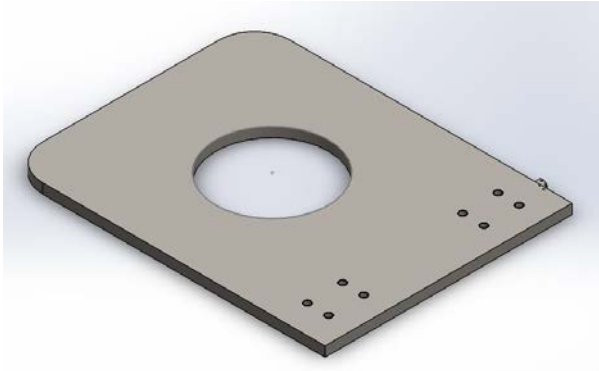


Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.5 Chapa Central

A chapa central é uma placa de suporte para todo o módulo de contato então deverá suportar toda a carga aplicada no eixo. A peça é composta por um furo central, oito furos para alocação de parafusos de fixação e um suporte onde será inserido o parafuso de deslocamento. No furo central, será montado o disco que entrará em contato com o eixo. Na figura abaixo, segue uma vista isométrica da Chapa Central. Na figura 14 abaixo segue uma vista isométrica da Chapa Central.

Figura 14(Vista Isométrica da Chapa Central)



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.6 Suporte Chapa Central

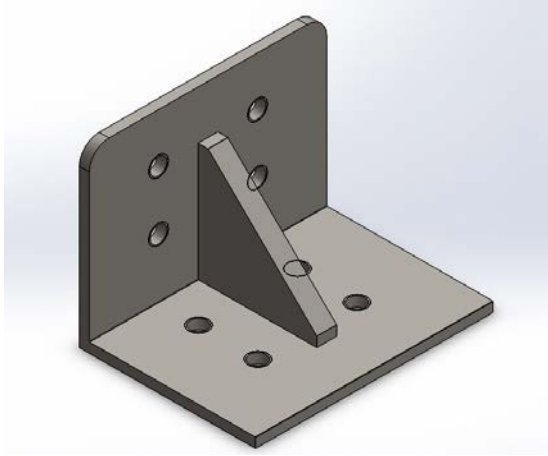
O suporte será montado através de quatro suportes. Esses suportes são compostos por oito furos e uma mão francesa.

Para a fixação do suporte na chapa serão utilizados quatro furos em cada suporte. Os suportes são alinhados simetricamente de modo que o parafuso fixe os dois suportes na chapa central.

A fixação do suporte na Base Central é uma das partes mais importantes do projeto. Como esse suporte é responsável pelo deslocamento do módulo ao longo da Base, esse posicionamento implica diretamente na força aplicada sobre o eixo. Conforme será mostrado na seção de montagem da bancada, serão estabelecidas posições fixas para os furos na base de modo que se possa ter uma base da força que será aplicada.

A mão francesa é um componente utilizado para reduzir o momento sobre o suporte. A carga aplicada no eixo gera um momento sobre os componentes da bancada e esse suporte tem como função minimizar esse momento. Pode-se ter uma visão melhor do suporte através de sua vista isométrica na figura 15 abaixo.

Figura 15 (Vista Isométrica do Suporte da Chapa Central)



Fonte: Elaborado pelo autor

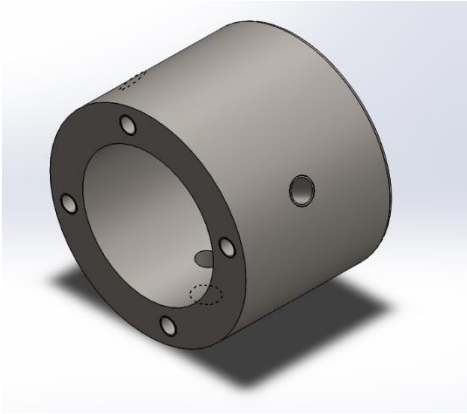
5.1.7 Disco Central

O Disco Central é um componente fixo nas células de carga, que por sua vez são fixadas na Chapa. O interior do disco é composto de um furo com um rebaixo, fazendo o papel de uma bucha. Nessa bucha, conforme citado em seções anteriores, poderá ser inserido o material rochoso ou um outro metal mais mole que o eixo para simular os esforços.

Existem três furos posicionados de maneira uniforme em relação ao raio do disco. Neles serão montados os pinos de fixação das células de carga.

Para que possa ser fixado o material de teste, será necessário um flange para selar o material. Os quatro furos posicionados uniformemente na face do disco serão utilizados para parafusar esse flange. Na figura 16 abaixo pode-se ver uma vista isométrica do Disco Central.

Figura 16 (Vista Isométrica do Disco Central)

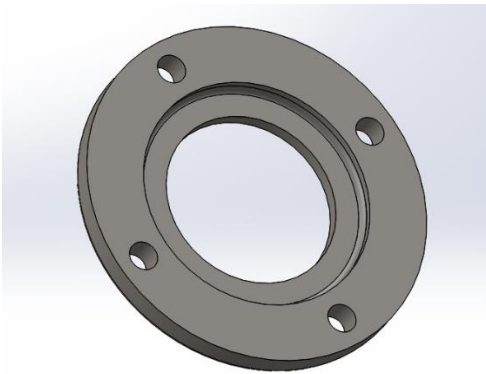


Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.8 Flange do Disco Central

A flange consiste em um disco com um furo central e um rebaixo para fazer a fixação do material. Os quatro furos da face serão utilizados para fixar o flange no disco através de parafusos. A figura 17 abaixo mostra uma vista Isométrica do Flange.

Figura 17 (Vista Isométrica do Flange do Disco Central)



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.9 Parafuso de Deslocamento

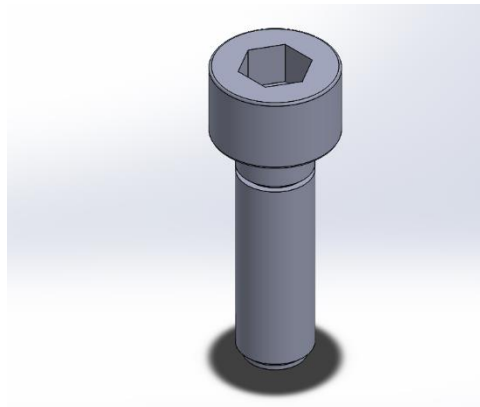
Conforme foi dito em seções anteriores o objetivo dessa seção é citar e descrever o princípio de funcionamento dos componentes. Esse parafuso não tem apenas função estrutural, ele é essencial para o funcionamento da bancada. O Parafuso de Deslocamento é um M10x1.5. A função desse parafuso é tornar-se fácil a montagem do módulo na posição pré-estabelecida.

Através de uma chave Allen pode-se girar o parafuso facilmente e posicionar o módulo no local para parafusá-lo em uma posição fixa.

Para explicar a real necessidade desse Parafuso de Deslocamento é preciso compreender a dimensão do esforço que precisa ser feito para posicionar o parafuso. O eixo foi projetado para suportar até 9,1Kn de força. Da Resistência dos Materiais, sabe-se que força e deslocamento em vigas estão relacionados através da Equação da Linha Elástica. Então para provocarmos uma força de 9,1Kn no eixo teremos que deslocá-lo em uma certa distância.

Então o parafuso foi projetado de forma que se consiga obter medidas intermediárias de força. Foi considerado também a folga inicial que existe entre o disco central e o eixo, que é de aproximadamente 10mm. Isso significa que o parafuso só sentirá o efeito da força do eixo a partir dos 10mm de folga, que é a distância necessária para que o módulo toque o eixo. O ponto de contato entre o parafuso e a chapa central é uma bucha com a mesma dimensão do parafuso. A figura 18 abaixo mostra uma vista isométrica do Parafuso de Deslocamento.

Figura 18 (Parafuso de Deslocamento)



Fonte: Elaborado pelo autor

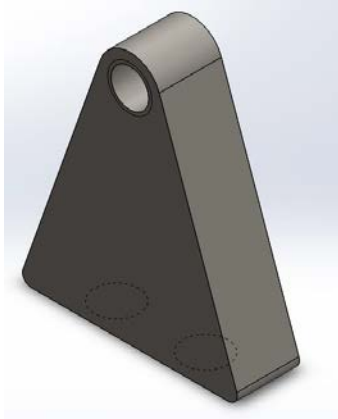
5.1.10 Mancal do Parafuso

Para que possamos deslocar o módulo de contato precisamos, também, de um dispositivo que facilite o deslocamento do parafuso. Isso porque conforme gira-se a chave para deslocar o parafuso, por ação e reação, o parafuso tende a voltar a sua posição inicial. O Mancal do Parafuso foi projetado com a intenção de facilitar a montagem da bancada.

O Mancal nada mais é do que um suporte com um furo roscado para o deslizamento do parafuso. Então conforme gira-se a chave para deslocar o parafuso, a rosca do mancal impede que o parafuso volte. Com isso consegue-se parafusar os Suportes na Chapa Central com

facilidade pois o parafuso não irá se mover por causa da força exercida pelos filetes de rosca no parafuso. A figura 19 abaixo mostra uma Vista Isométrica do Mancal.

Figura 19 (Vista Isométrica do Mancal do Parafuso)

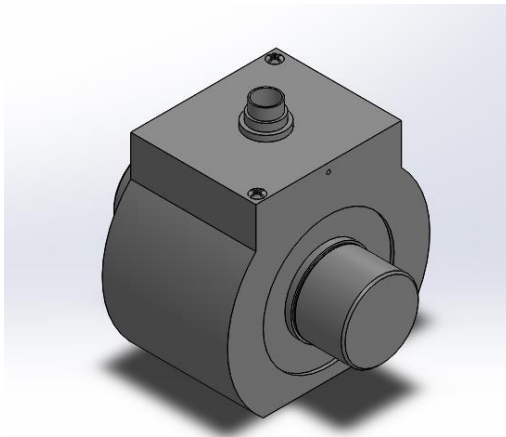


Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.11 Transdutor de torque

O transdutor de torque é um elemento que permite a leitura do torque aplicado ao eixo. Ele funciona a partir de strain gages e o sinal elétrico é convertido em torque. O transdutor será montado logo na saída do eixo do motor através de um acoplamento. Um segundo acoplamento fará a conexão entre o eixo de perfuração e o transdutor. A figura 19 abaixo mostra uma vista isométrica do Transfutor de Torque.

Figura 20 (Transdutor de Torque)

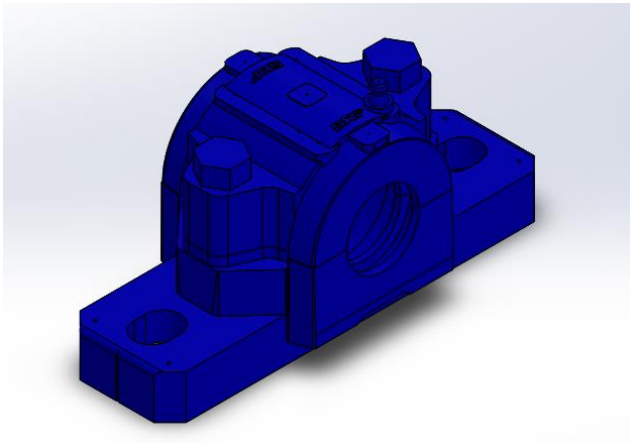


Fonte: <http://www.hbm.com/pt/2384/t22-sensor-de-torque-para-aplicacoes-simples/>

5.1.12 Mancal de Rolamento

Para apoiar o eixo serão utilizados dois mancais de rolamento. De acordo com a simulação realizada o rolamento selecionado foi o SNL 505 através do catálogo de rolamentos da SKF. A figura 21 abaixo mostra uma vista isométrica do Mancal.

Figura 21 (Vista Isométrica Mancal de Rolamento)



Fonte: http://www.rucnenaradie.sk/snl-505_d83695.aspx

5.1.13 Motor de Acionamento

O acionamento da bancada será realizado por um motor elétrico. O motor deverá operar com rotações de até 740 RPM e com um torque máximo de 280N.m. Então o motor deverá fornecer uma potência de aproximadamente 22kW. Com essa potência de projeto pode-se usar o motor W22 de 30kW de potência WEG para a aplicação do projeto. A seleção do motor e acoplamento do mesmo ao eixo deve ser feita na montagem da bancada pois pode-se utilizar de motores já existentes na FEG para o projeto.

6. MONTAGEM DA BANCADA

6.1 Considerações Iniciais

Na seção anterior mostrou-se os componentes principais utilizados para a construção da bancada. Nessa seção o foco é demonstrar como os componentes serão montados entre si de maneira a facilitar a compreensão e futuramente a exequibilidade do projeto.

Como deseja-se medir vibração no eixo, é ideal que a bancada fique montada em algum lugar isolado. Isso para que as vibrações externas não afetem às medições.

6.2 Montagem dos Pés Roscados

Primeiramente deve-se montar a base principal nos quatro pés roscados. Para isso, basta rosquear os pés nos quatro furos laterais da base. É importante verificar o alinhamento da base para que haja igualdade nos esforços aplicados em cada pé. A fixação dos pés roscados dependerá do local onde for montado a bancada.

6.3 Montagem do Liner Central e do Mancal do Parafuso

Após ter fixado a Base no local desejado, deve-se montar os dois Liners sobre a Base. Para isso, serão utilizados oito parafusos M8 para cada Liner. Após o alinhamento, cada peça deverá ser parafusada separadamente e deve-se procurar parafusar de forma simétrica, ou seja, deve-se alternar entre os oitos parafusos de modo intercalado. Por exemplo, o primeiro, parafuso deve ser parafusado em uma extremidade, o próximo na outra extremidade, alternando assim até que os oito parafusos estejam montados. Isso nos garante um melhor posicionamento e alinhamento do Liner. Feito isso, o mesmo procedimento deverá ser repetido para o segundo Liner.

O Mancal do Parafuso de Deslocamento deverá ser fixado na Base através de seus dois furos com parafusos M8.

6.4 Montagem dos Suportes na Chapa Central

Após o posicionamento dos dois Liners deve-se fazer a união entre os quatro Suportes e a Chapa Central. Essa união será feita através de parafusos M8. Para isso deve-se parafusar dois suportes, um de cada lado da chapa, fazendo com que os quatro parafusos passem pelos furos da Chapa, realizando a fixação entre os componentes. O mesmo procedimento deverá ser realizado para os outros dois suportes no outro lado da chapa. Feito isso tem-se os cinco componentes unidos e podemos inserir a peça entre os Liners.

6.5 Montagem do Disco Central, Flange e Células de Carga

Após a escolha do material a ser testado, seja um composto rochoso ou uma bucha de metal, o Flange deve ser montado para evitar o deslocamento do material. Para isso deve-se parafusar os quatro parafusos M10 para montar o Flange no Disco Central. Do outro lado do disco existe um rebaixo para que o material não escape.

Com o flange posicionado, as células de carga devem ser montadas no disco. É importante lembrar que são as células de carga que sustentam todo o peso do disco e a carga do eixo.

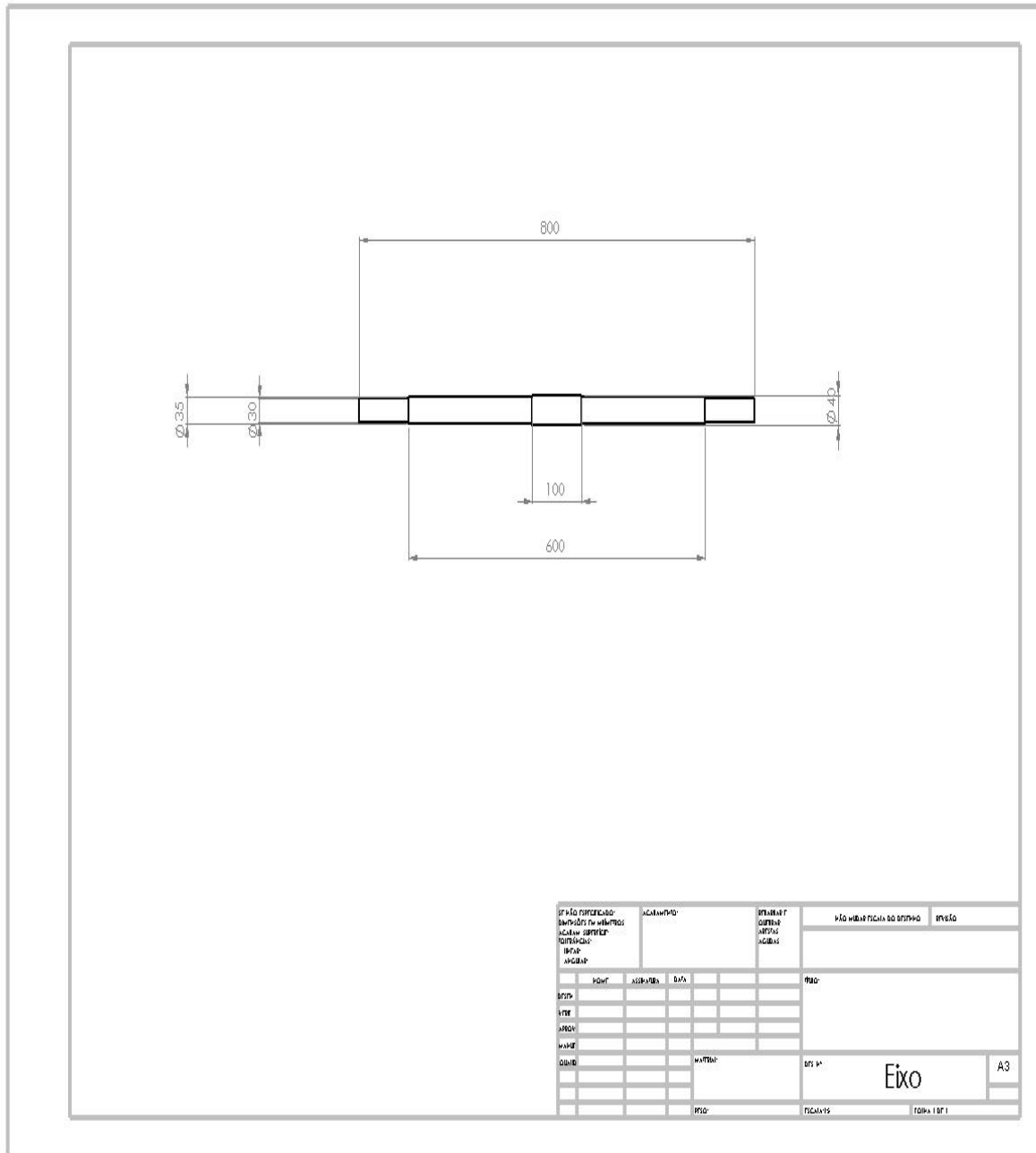
As três células de carga serão fixadas no disco através do Pino do Cubo Central. Deve-se montar o olhal fixado na célula no Pino através da rosca que existe no olhal. Feito isso a célula de carga deve ser fixada no Disco Central através de dois parafusos M10. Repete-se a montagem para as outras duas células de carga. A distância angular entre elas é de 120° e é determinada pelos furos no Disco para os Pinos. Essa distância é importante para a medição da força.

6.6 Montagem dos mancais, eixo e transdutor

Para terminar a montagem da bancada deve-se posicionar os mancais de rolamento nas posições estabelecidas. O eixo deverá ser apoiado sobre os mancais e o módulo de contato. Por fim deve-se fazer o acoplamento entre o motor, eixo e transdutor. O suporte para o motor dependerá do local de instalação e a montagem da bancada. Então não foi abordado nesse projeto a junção dos elementos no eixo.

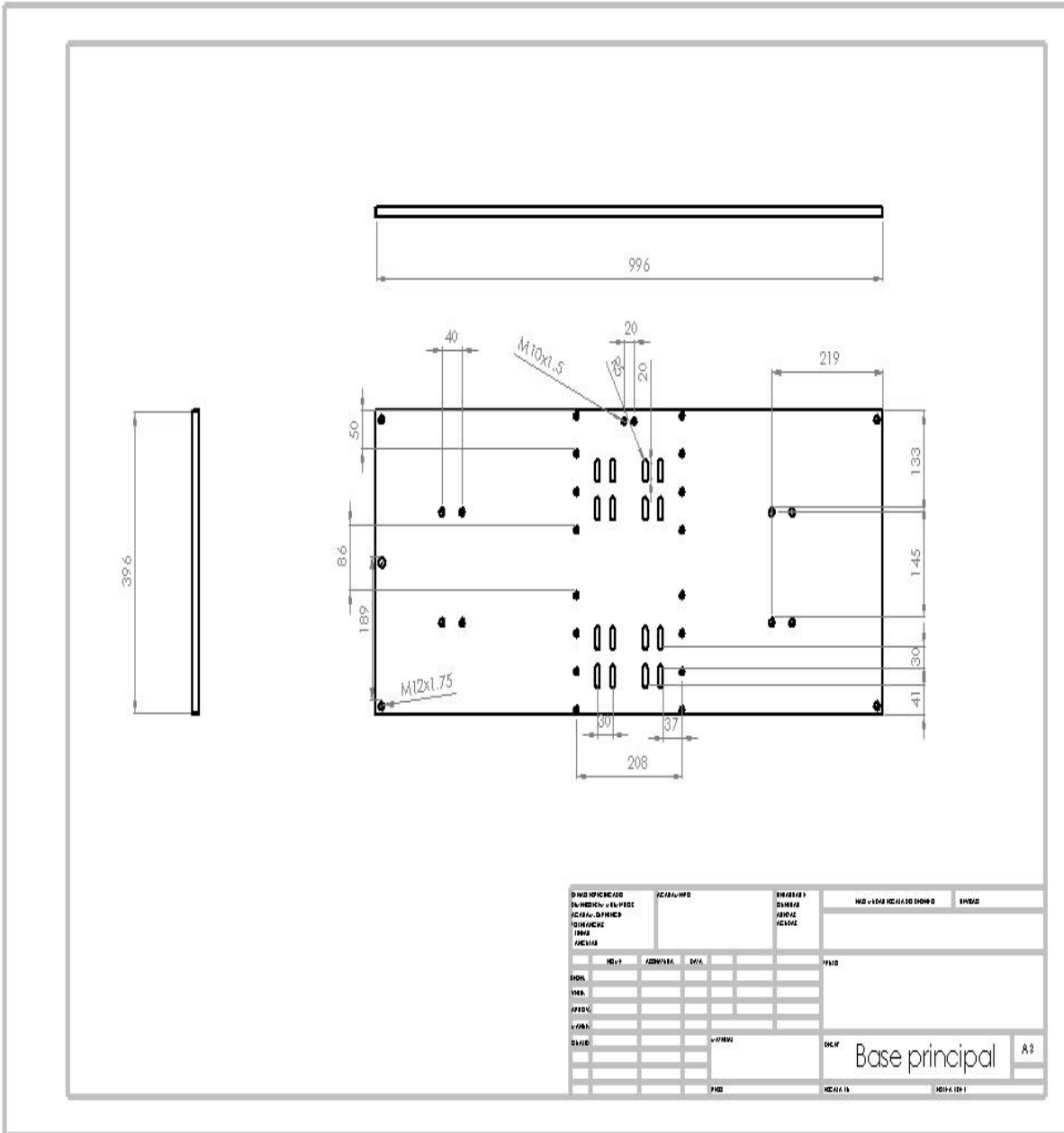
7. DESENHOS DOS COMPONENTES

7.1 Desenho do Eixo



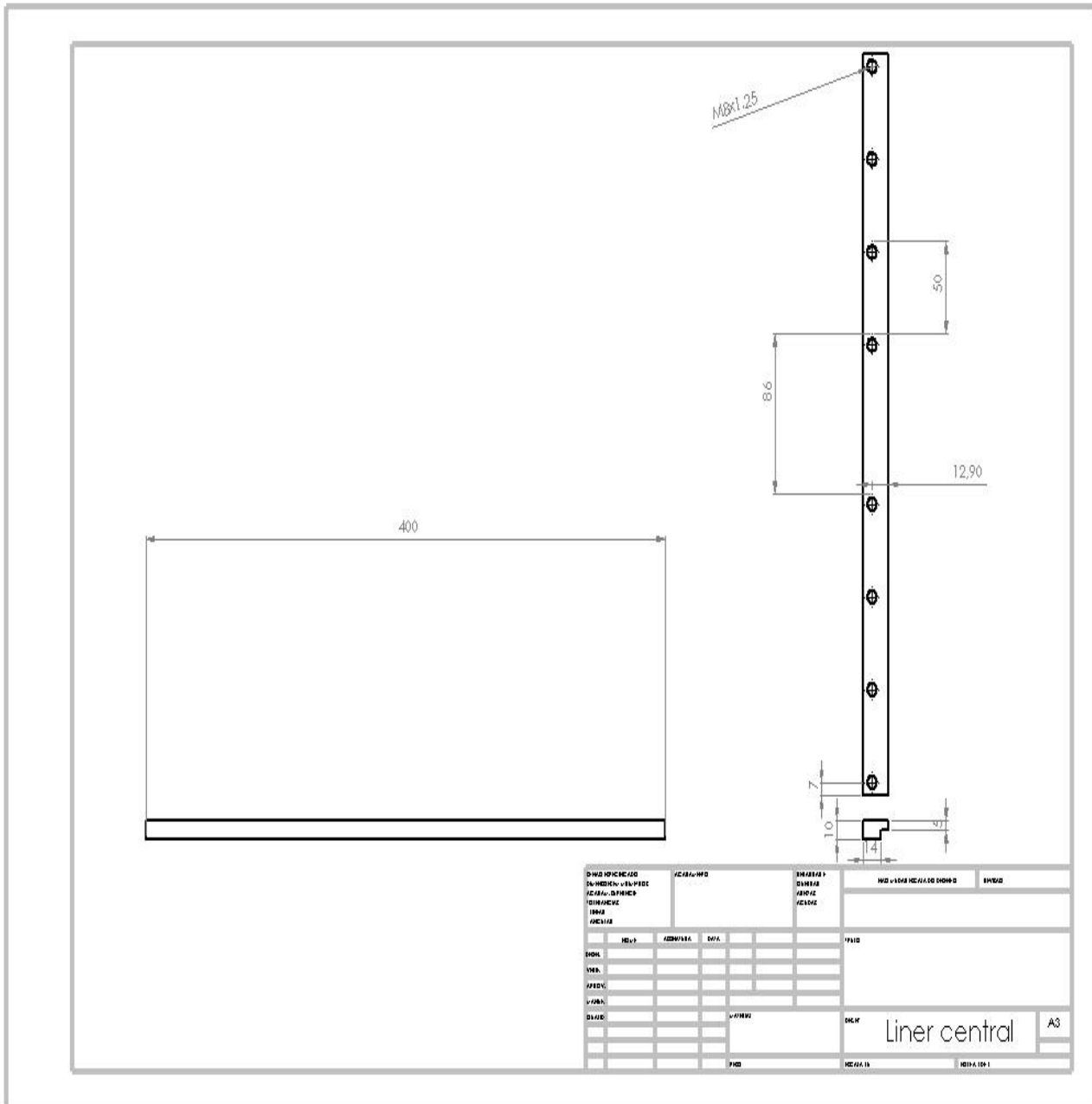
Fonte: Elaborado pelo autor

7.2 Desenho Base Principal



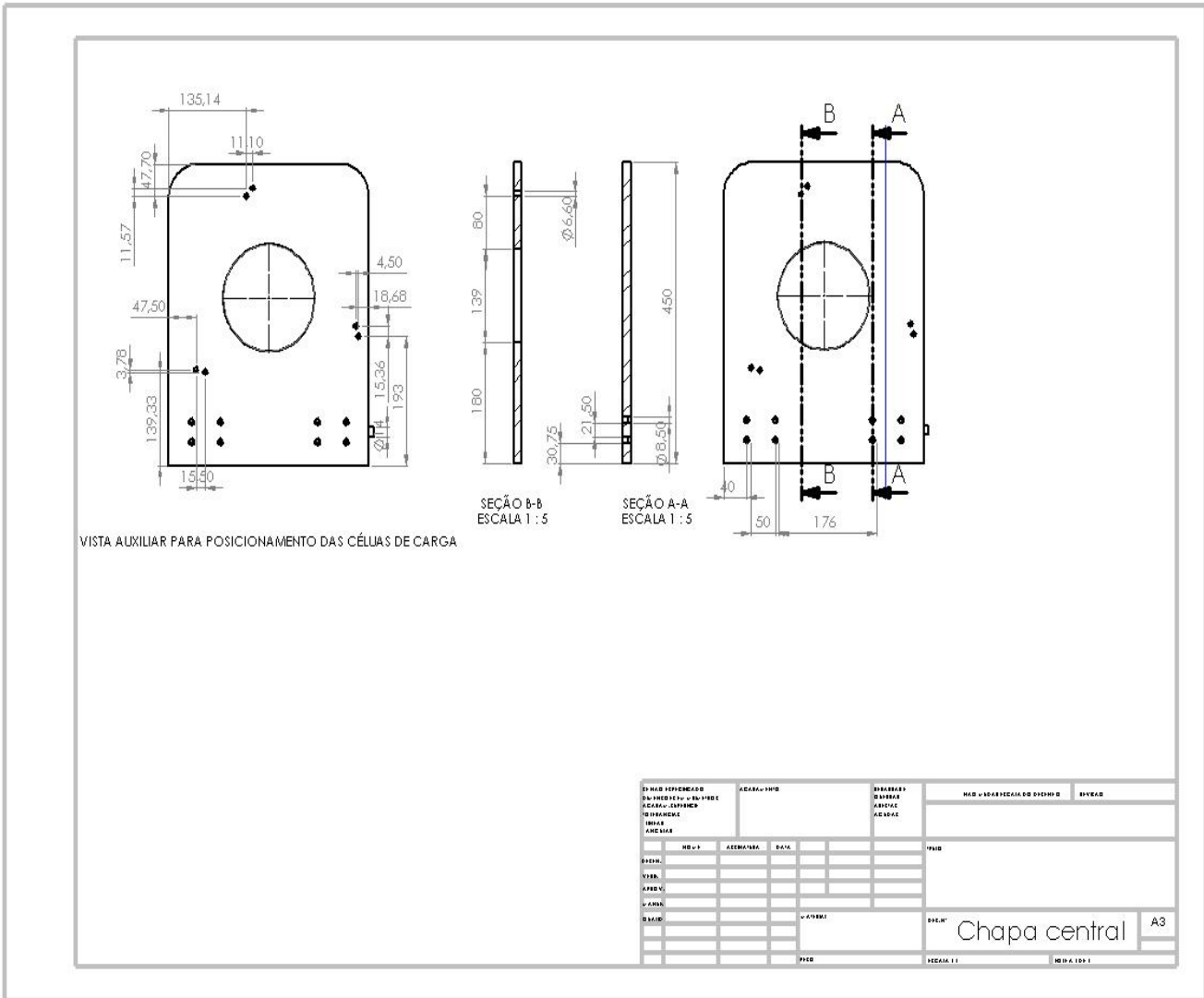
Fonte: Elaborado pelo autor

7.3 Desenho Liner Central



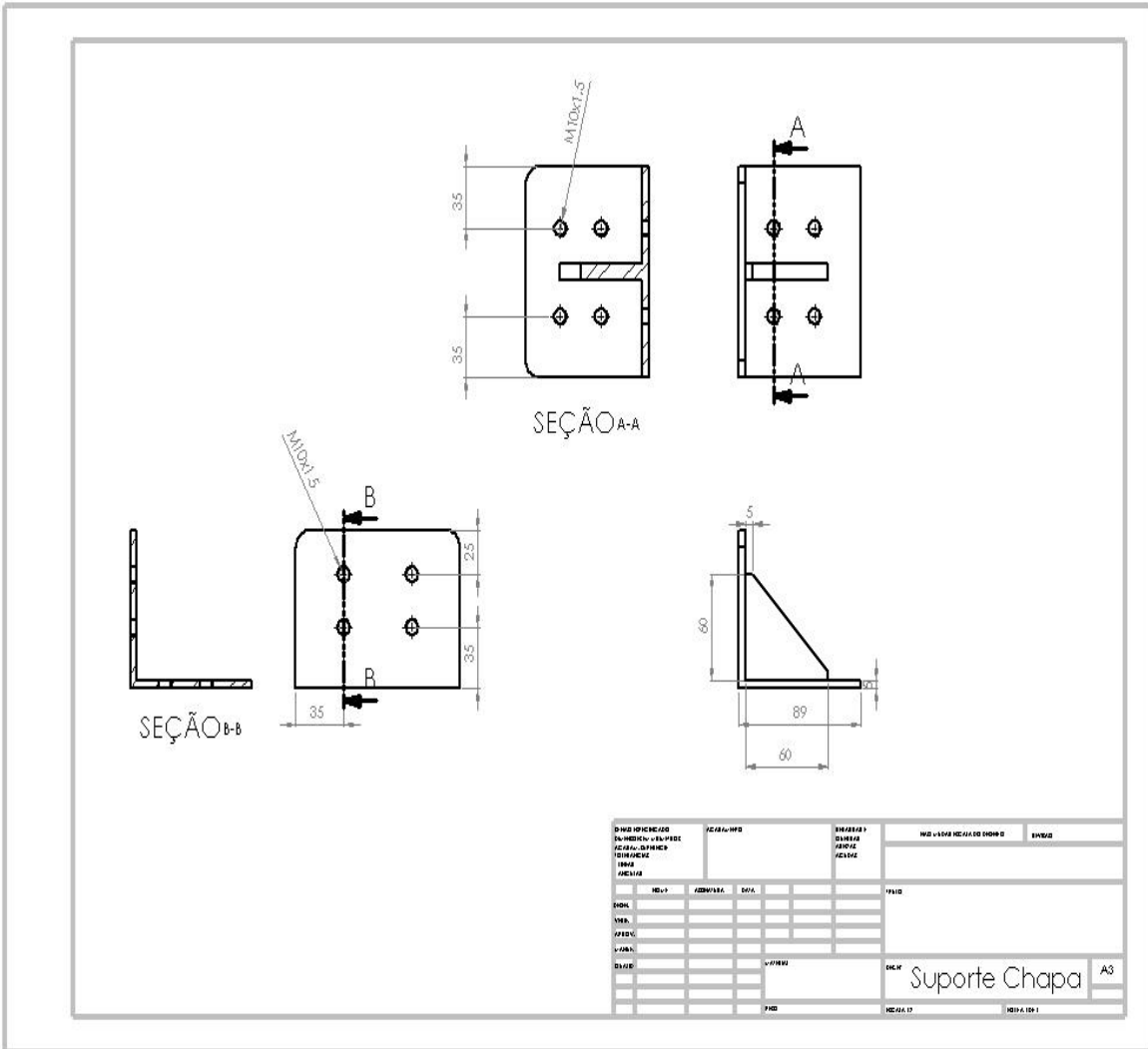
Fonte: Elaborado pelo autor

7.4 Desenho Chapa Central



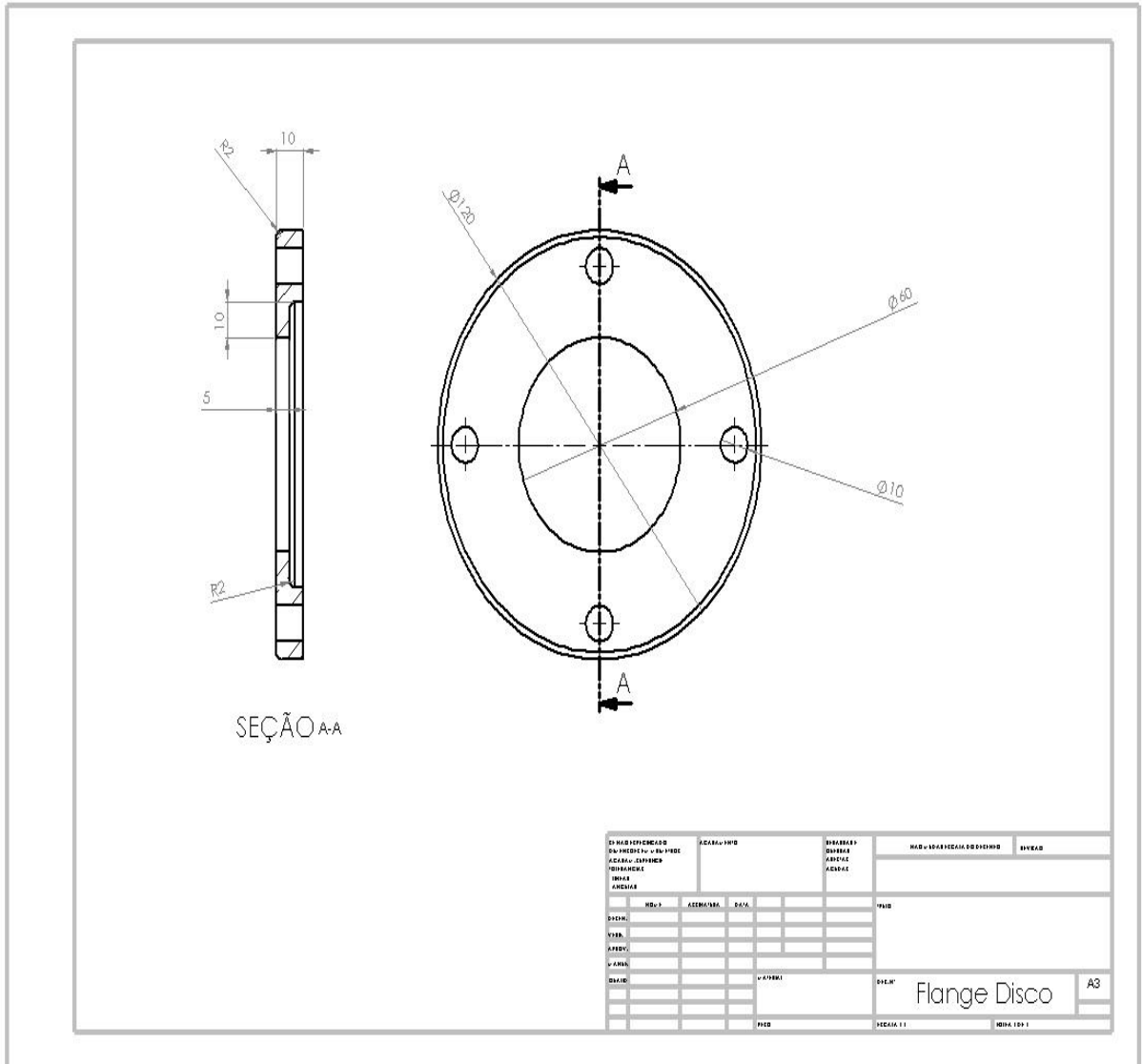
Fonte: Elaborado pelo autor

7.5 Desenho Suporte Chapa



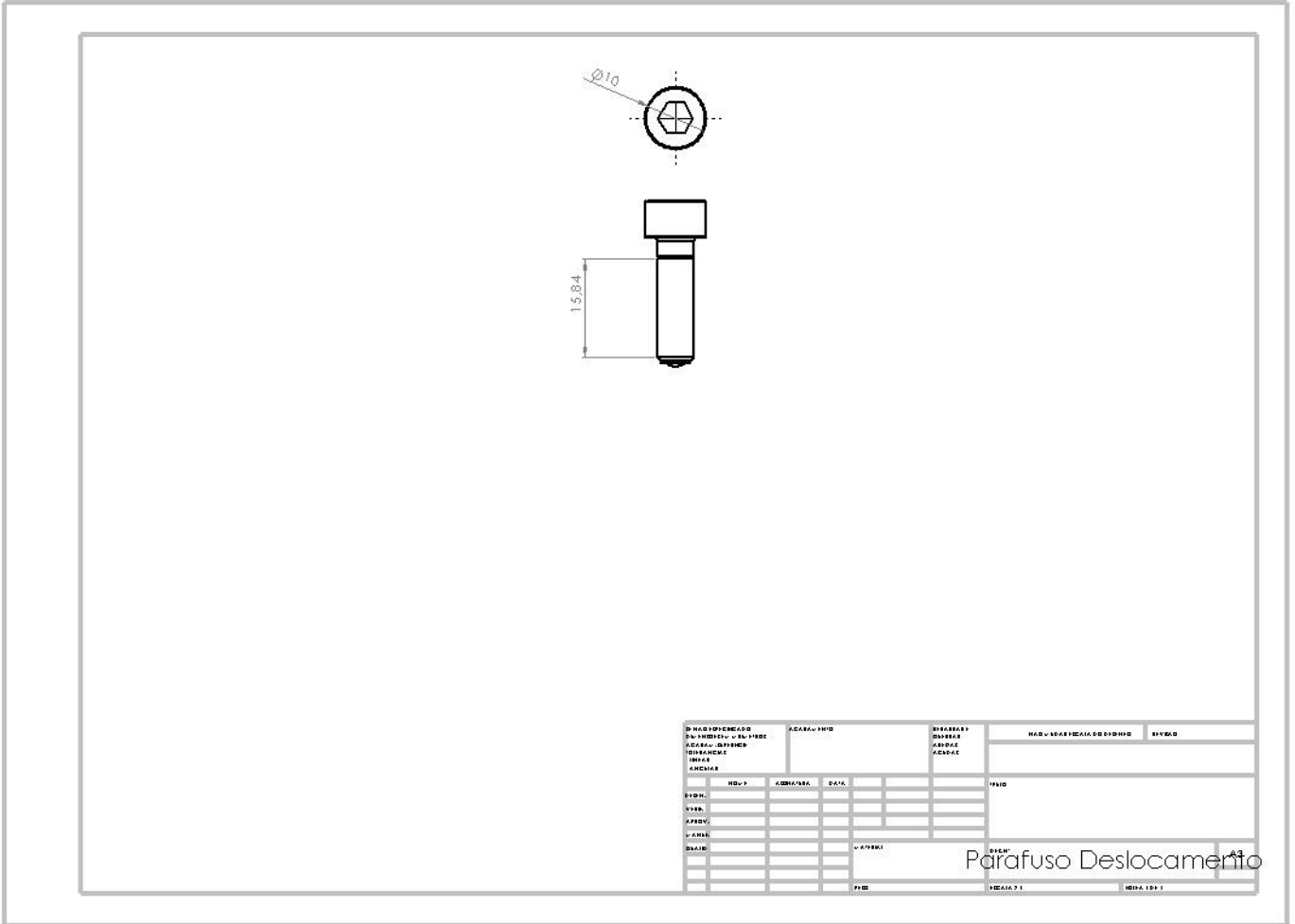
Fonte: Elaborado pelo autor

7.6 Desenho Flange do Disco



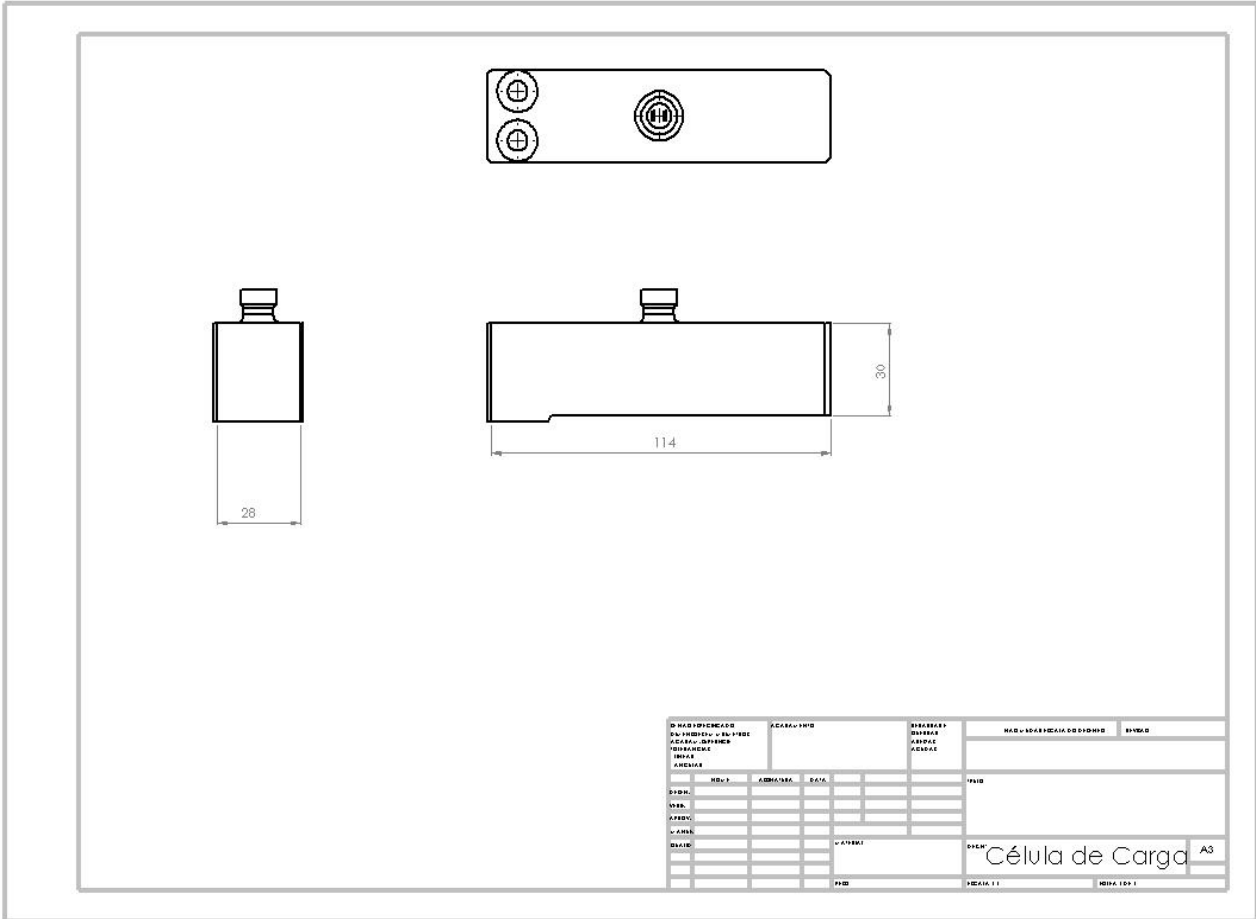
Fonte: Elaborado pelo autor

7.8 Desenho do Parafuso de Deslocamento



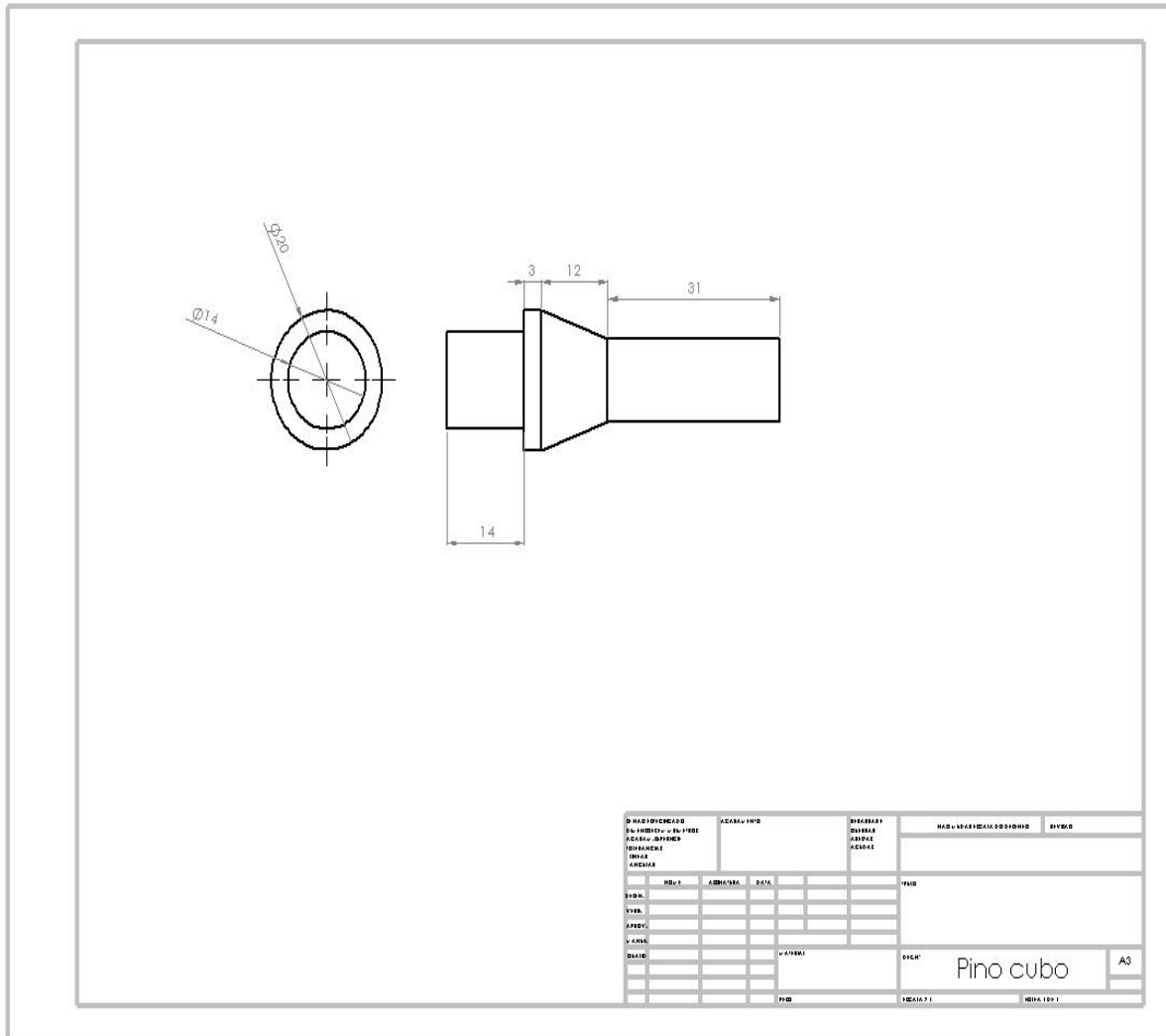
Fonte: Elaborado pelo autor

7.9 Desenho da Célula de Carga



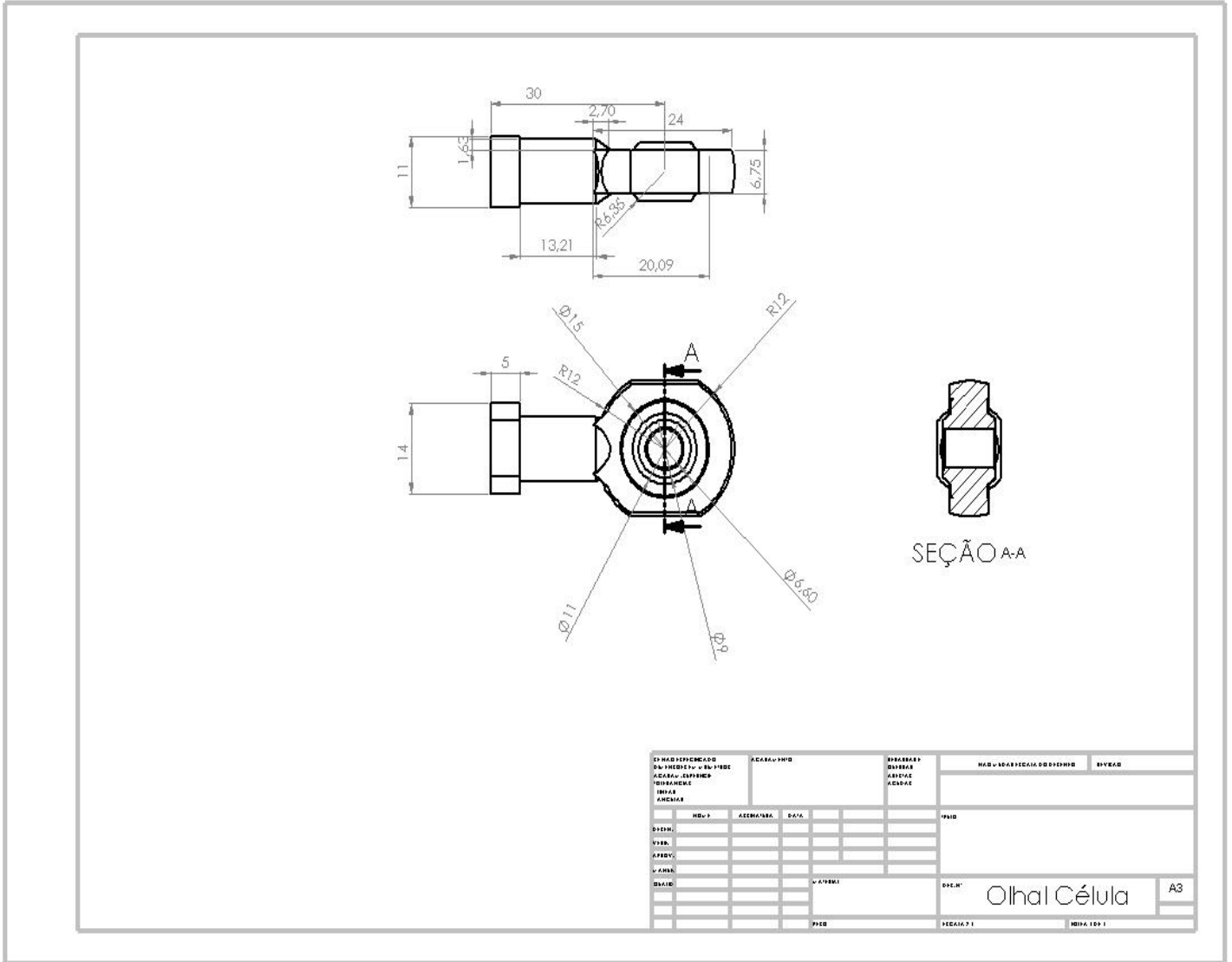
Fonte: Elaborado pelo autor

7.10 Desenho do Pino do Disco Central (Cubo)



Fonte: Elaborado pelo autor

7.11 Desenho do Olhal da Célula de Carga



Fonte: Elaborado pelo autor

8. CONCLUSÃO

Através do projeto proposto, será possível compreender melhor o processo de perfuração de uma forma prática. O projeto mecânico do eixo envolve conceitos fundamentais da Engenharia Mecânica como vibração, fadiga, momento fletor e tissor. Então, o modelo ajudará também na compreensão e visualização de esforços mecânicos.

O estudo realizado também permite converter parâmetros reais de processo em parâmetros a serem simulados. Através dessa análise dimensional pode-se determinar quais os valores de parâmetros serão utilizados durante o experimento para simular um processo real.

Do ponto de vista do processo de perfuração, o efeito de contato do eixo com o material rochoso permite entender e prever o comportamento real do eixo em operação. Com isso a bancada poderá auxiliar, eventualmente, no projeto de um eixo de perfuração real.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível ao aluno aprender conhecimentos específicos sobre o processo de perfuração, tornando o capaz de eventualmente desenvolver algum trabalho profissional ou acadêmico no setor de óleo e gás. Também pode-se aprimorar conhecimentos na área de vibrações mecânicas que podem ocasionar fadiga. O trabalho também foi extremamente importante para o aprendizado da utilização do SolidWorks que permitiu que as simulações fossem realizadas.

REFERÊNCIAS

Aplicações células de carga. Disponível em:

<http://www.celuladecarga.com.br/portal/?page_id=8>. Acesso em: 24 de ago, 2015.

AZEVEDO, Domingos, **Análise Estrutural.** Disponível em:

<<http://www.domingosdeazevedo.com/mef/car/car2>>. Acesso em: 29 de ago, 2015.

CAMARGO, V. P. **Modification of a scaled test rig for experimental**

investigations of drillstring Friction. 2011. 66 f. Graduation tesis. IDS (Institut für Dynamik und Schwingungen), Hannover, 2011.

FILIFELOP, **Acelerômetro de 3 eixos.** Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b8a9-acelerometro-de-3-eixos-mma7361.html>>. Acesso em 03 de set.

GRUPO 1A, **Origem do petróleo,** 1999.

Disponível em: <<http://cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/origem.html>>. Acesso em: 20 de ago. 2015.

HERLITZIUS, J. **Erstellung eines konzeptes für einen versuchsstand zur analyse von**

bohrstrangschwingungen. Projektarbeit. Institut für Dynamik und Schwingungen, Leibniz Universität Hannover, 2009.

JANSEN, J. **Nonlinear dynamics of oilwell drillstrings.** 1993. 223p. (PhD Thesis

Drillstring) - Delft University, The Netherlands, 1993.

NORTON, R. **Projeto de máquinas.** 2.ed. Porto Alegre. Bookman,2004. 931 p.

SCHLUMBERGER. **Drillstring vibrations and vibration Modeling.** 2010. Disponível em:<

http://www.slb.com/~media/Files/drilling/brochures/drilling_opt/drillstring_vib_br.ashx>.

Acesso em: 24 de ago, 2015.

SPANOS, P.D. et al. Oil and gas well drilling: a vibrations perspective. **The Shocks**

and Vibrations Digest, Sage Publications, v.35, n.2, p85-103, mar., 2003.

WEG. **Motor elétrico tri-fásico.** <Disponível em <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-brasil-50023622-catalogo-portugues-br.pdf>>.

Acesso em: 02 de set, 2015.