

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DISPOSITIVO PARA O DIAGNÓSTICO DE
TUBULAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL E ESGOTO**

**Fernando Paulo de Oliveira
Ricardo Penna de Azevedo Filho**

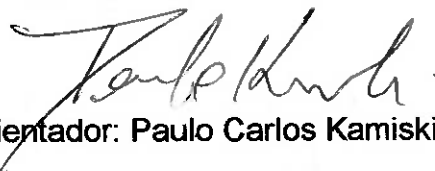
**São Paulo
2005**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DISPOSITIVO PARA O DIAGNÓSTICO DE
TUBULAÇÕES DE ÁGUA PLUVIAL E ESGOTO

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Graduação em Engenharia Mecânica

Fernando Paulo de Oliveira
Ricardo Penna de Azevedo Filho



Orientador: Paulo Carlos Kamiski

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2005

TF-05
OL4d

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600011816

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Fernando Paulo de
Dispositivo para diagnóstico de tubulações de esgoto e
água
pluvial / F.P. Oliveira, R.P. Azevedo Filho. -- São Paulo, 2005.
p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Tubulações 2.Esgotos sanitários 3.Água pluvial I.Azevedo
Filho, Ricardo Penna de II.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica III.t.

2005. Cont

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente as nossas famílias que nos incentivaram sempre a buscar alcançar nossas aspirações e nunca desistir de nossos sonhos.

Agradecemos ao Professor Kaminski, ao Engenheiro Laterza e ao Engenheiro Moutinho pela ajuda e orientação na execução desse projeto.

E a todos que, direta ou indiretamente colaboraram para concretização desse trabalho.

RESUMO

Este trabalho de formatura tem como finalidade a criação de um dispositivo de medição e diagnóstico de tubulações de água pluvial e esgoto. Para isso criou-se um protótipo a partir da implementação de novas idéias e utilização de técnicas já aproveitadas comercialmente. O trabalho teve início com uma grande pesquisa de mercado para que fossem encontradas as principais tecnologias existentes, as dificuldades, tanto de montagem quanto de operação, e os custos de fabricação dos equipamentos envolvidos, para que então pudessem ser estipuladas as necessidades que devem ser supridas pelo dispositivo. A partir desta pesquisa inicial criaram-se diversas soluções e, através de ferramentas de decisão, chegou-se a uma solução específica. A partir desse ponto teve início a fase de construção e desenho do dispositivo que foi executada com base nos estudos prévios, os desenhos foram elaborados utilizando-se o software SolidWork e a construção foi feita utilizando-se a estrutura da Escola Politécnica e de terceiros. Tendo um protótipo construído iniciaram-se os testes de funcionalidade, que foram feitos em uma tubulação instalada em laboratório cedida empresa Aqueduto. Após os testes passou-se para a fase de melhorias e otimização do equipamento, chegando a um produto final que supriu as necessidades estipuladas no início do projeto.

ABSTRACT

The aim of this paper is the creation of a device for pipes measurement and diagnosis of water and sewer pipes. A prototype was created using new ideas and techniques already used commercially. The work begins with a great market research in order to identify the existing technologies, the problems and the manufacturing costs, with that, the problems that must be solved by the prototype have been defined. Through the initial research many solutions were created and, using some decision tools, a specific solution was found. After this point, started the construction and drawing of the device, that was made based on the previous studies, the drawings had been elaborated using the software SolidWork and the construction was made using the structure of Escola Politécnica and others. Having a constructed prototype it initiated the perform tests that were made in laboratory installed pipes granted from the company Aqueduto. After the tests, it started the improvements and optimization of the equipment, reaching a final product that supply the necessities identified in the beginning of the project.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO	1
2	ESTUDO DE VIABILIDADE ^(FO/RF)	2
2.1	Necessidade ^(FO/RF)	2
2.2	Visão geral do problema ^(FO/RF)	3
2.3	Problemas no processo de inspeção ^(FO/RF)	5
2.3.1	Desnível na tubulação.....	5
2.3.2	Iluminação.....	5
2.3.3	Rejeitos / imperfeições dentro da tubulação	6
2.3.4	Operador	6
2.3.5	Tubulações com diferentes diâmetros	7
2.3.6	Tubo obstruído ou colapsado	7
2.3.7	Comprimento do tubo.....	7
2.3.8	Ambiente corrosivo	7
2.4	Mercado atual ^(FO/RF)	8
3	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ^(FO/RF)	9
3.1	Sistemas de tração e posicionamento da câmera ^(FO)	9
3.1.1	Modelos de equipamentos existentes	9
3.1.2	Principais sistemas de tração.....	12
3.1.3	Sistemas de tração manual	13
3.1.3.1	Locomoção por rodas.....	13
3.1.3.2	Locomoção por prancha.....	15
3.1.3.3	Locomoção por esqui.....	16
3.1.4	Sistemas de tração mecânica.....	17
3.1.4.1	Locomoção por rodas.....	18
3.1.4.2	Locomoção por esteira	19
3.1.5	Outros sistemas de tração	20
3.1.6	Sistema de posicionamento da câmera	21

3.2	Sistemas de filmagem e aquisição do sinal ^(RF)	22
3.2.1	Sistema de iluminação	23
3.2.2	Tipos de câmeras para filmagem	23
3.2.2.1	Micro-câmeras	24
3.2.2.2	Câmeras normais	24
3.2.2.3	Câmeras subaquáticas	25
3.2.3	Movimentação das câmeras	25
3.2.3.1	Câmera fixa	26
3.2.3.2	Câmera com um grau de movimentação	26
3.2.3.3	Câmera com dois graus de movimentação	26
3.2.4	Transmissão de sinais	26
3.2.4.1	Transmissão por cabos	26
3.2.4.2	Transmissão por telemetria	27
3.2.5	Sistema de captação de sinais	27
3.3	Sistemas de medição ^(FO/RF)	27
3.3.1	Sistemas eletrônicos ^(FO)	28
3.3.1.1	Medidores de distância	28
3.3.1.2	Medição através da filmagem	29
3.3.2	Sistemas mecânicos ^(RF)	30
3.3.2.1	Sistema de varetas móveis	30
3.3.2.2	Sistema de gabarito (molde passa ou não passa)	33
3.3.2.3	Sistema de dispositivo tipo guarda chuva	33
4	DEFINIÇÃO DO PRODUTO ^(FO/RF)	36
5	PROJETO DO PRODUTO ^(FO/RF)	38
5.1	Dimensionamento do dispositivo de tração ^(FO)	38
5.2	Dimensionamento das rodas e sistema de posicionamento da câmera ^(FO)	41
5.3	Sistema de filmagem e aquisição de dados ^(RF)	43
5.4	Sistema de iluminação ^(RF)	44
5.5	Sistema de medição ^(FO)	44
6	AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES E MONTAGEM ^(FO/RF)	45
6.1	Aquisição de componentes ^(FO/RF)	45

6.1.1	Dispositivo de tração e posicionamento da câmera.....	45
6.1.2	Sistema de filmagem e aquisição de dados.....	47
6.1.3	Sistema de medição	49
6.2	Montagem ^(FO/RF)	49
6.3	Resumo dos gastos ^(FO)	51
7	TESTES FINAIS EM LABORATÓRIO ^(FO/RF)	53
7.1	Testes em laboratório ^(FO/RF)	53
7.1.1	Testes de posicionamento da câmera	53
7.1.2	Testes de resistência	56
7.2	Medições ^(FO/RF)	57
7.2.1	Teste de precisão nas medições.....	57
7.2.2	Teste de deformação.....	58
8	PROPOSTAS DE MELHORIAS FUTURAS ^(RF)	61
8.1	Melhorias no protótipo	61
8.2	Propostas de testes futuros.....	61
9	CONCLUSÃO	62
10	BIBLIOGRAFIA	64

ANEXO 1 – Características de aplicações de rodas

ANEXO 2 – Desenhos de fabricação do produto

^(FO) Fernando Paulo de Oliveira

^(RF) Ricardo Penna de Azevedo Filho

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Tecnologia Rib Loc	2
Figura 02 – Tubulações recuperadas	2
Figura 03 – Equipamento usado para limpeza da tubulação	6
Figura 04 – Robô utilizado na inspeção do Tietê	8
Figura 05 – Posicionamento da câmera	14
Figura 06 – Modelo de locomoção por rodas (Steerable Mudmaster – Cues)	15
Figura 07 – Modelo de locomoção por prancha (Float - Cues)	16
Figura 08 – Equipamento para reparos laterais	16
Figura 09 – Modelo de locomoção por rodas com correia (Crawler – Cobra)	19
Figura 10 – Modelo de locomoção por esteira (TR2000-Aries)	19
Figura 11 – Propulsão a jato d'água (Water Jet propelled - Westvac)	20
Figura 12 – Sistema sem transportador (See Snake Plus- Detectaleak)	21
Figura 13 – Mecanismo de posicionamento da câmera	21
Figura 14 – Micro Câmeras (Gradiente e Top Way)	24
Figura 15 – Câmeras (gradiente, LG e Top Way)	25
Figura 16 – Câmera Subaquática AVC 30 TR	25
Figura 17 – Câmera CUES com dois graus de liberdade	26
Figura 18 – Medição eletrônica	29
Figura 19 – Medição por filmagem	30
Figura 20 – Esboço de funcionamento das varetas	31
Figura 21 – Esquema de posicionamento das varetas	32
Figura 22 – Esquema do sistema tipo Guarda-Chuva	34
Figura 23 – Simulação comprimento do eixo	38
Figura 24 – Desenho dos 3 eixos	40
Figura 25 – Encaixe eixo base	40
Figura 26 – Encaixe explodido	40
Figura 27 – Vista explodida das rodas de 4" e 9"	42
Figura 28 – Detalhe do mecanismo	42
Figura 29 – Câmera	43
Figura 30 – Conjunto laser	44
Figura 31 – Controle inclinação laser	44

Figura 32 – Placas brutas de alumínio para base do protótipo e da câmera	46
Figura 33 – Rodas de 4 e 9 polegadas	46
Figura 34 – Barras ainda não usinadas	47
Figura 35 – Câmera utilizada no dispositivo	47
Figura 36 – Cabo e conectores de vídeo e força	48
Figura 37 – Teste inicial de conexão	48
Figura 38 – Foto do laser e suas pilhas	49
Figura 39 – Sistema com eixo menor	49
Figura 40 – Sistema com eixo médio	50
Figura 41 – Sistema com eixo maior	50
Figura 42 – Foto do Protótipo	50
Figura 43 – Software de montagem	51
Figura 44 – Tubulação instalada no laboratório	53
Figura 45 – Protótipo inclinado	54
Figura 46 – Protótipo inclinado (Câmera)	54
Figura 47 – Protótipo entrando na transversal	55
Figura 48 – Detalhe do reforço no suporte da câmera	56
Figura 49 – Protótipo após capotamento	57
Figura 50 – Tubo com menor diferença	58
Figura 51 – Tubo com maior diferença	58
Figura 52 – Estrutura de simulação de ovalização	59
Figura 53 – Tubo com deformação	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equipamentos existentes	10
Tabela 2 – Tabela de decisão	37
Tabela 3 – Variação do eixo em função do diâmetro	39
Tabela 4 – Definição dos eixos	39
Tabela 5 – Altura do mecanismo de posicionamento da câmera	41
Tabela 6 – Resumo dos gastos	51
Tabela 7 – Resultado da medição	60

1 INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo é uma das maiores cidades do mundo e com um complexo sistema de saneamento. Portanto é muito importante que se faça a manutenção de rede de esgotos e galerias pluviais.

Para que se possa corrigir um problema é necessário conhecer onde ele está e qual a melhor medida mitigadora. Entretanto na maior parte da tubulação, inferior a 800 mm de diâmetro, não é possível uma inspeção visual.

Uma grande dificuldade encontrada pelas empresas de vistoria e instalação de tubulações de água e esgotos é conseguir, de forma precisa, medir alterações no diâmetro interno desses dutos.

A partir de certa variação de diâmetro a tubulação deve ser trocada ou devem ser instalados reforços nas suas paredes, para que esta não venha a colapsar, interferindo na passagem de fluido, podendo assim causar danos significativos à estrutura.

Existem hoje no mercado diversos equipamentos para filmagem interna de dutos, no entanto os mesmos não possuem um sistema de medição preciso do seu diâmetro.

O objetivo deste trabalho de formatura é desenvolver um protótipo que consiga fazer a inspeção e medição da tubulação, para que seja possível avaliar a real necessidade de reparo. Além disso, deve avaliar se esse reparo pode ser feito sem a remoção do material que cobre os tubos, já que a tubulação passa por baixo de ruas, prédios e outras construções que dificultam esse processo.

Este protótipo foi criado a partir da implementação de novas idéias e utilização de técnicas já aproveitadas comercialmente e teve um custo condizente com as verbas disponibilizadas pelo laboratório de produto do Centro de Automação e Tecnologia do Projeto (CAETEC) do departamento de engenharia mecânica da Escola Politécnica.

2 Estudo de Viabilidade ^(FO/RF)

2.1 Necessidade ^(FO/RF)

Esse projeto conta com a colaboração de algumas empresas com a Universidade de São Paulo. Essas empresas têm seu foco voltado para o ramo de Construção Civil e particularmente para os sistemas hidráulicos de infra-estrutura urbana. Um de seus principais serviços é a recuperação de tubulações deterioradas através da tecnologia Rib Loc.

Normalmente o método Rib Loc é aplicado na reabilitação de tubulações enterradas na faixa de diâmetro entre 400 e 1200 mm, mas pode ser utilizado para recuperar tubulações de até 2400 mm.

Entre as principais aplicações do método encontram-se as recuperações de coletores de esgoto, coletores de efluentes industriais, galerias de águas pluviais, bueiros rodoviários e ferroviários, e adutoras em conduto livre ou baixa pressão.

As figuras 01 e 02 mostram imagens do equipamento utilizado e uma tubulação que foi recuperada através desta tecnologia (Rib Loc).



Figura 01 – Tecnologia Rib Loc

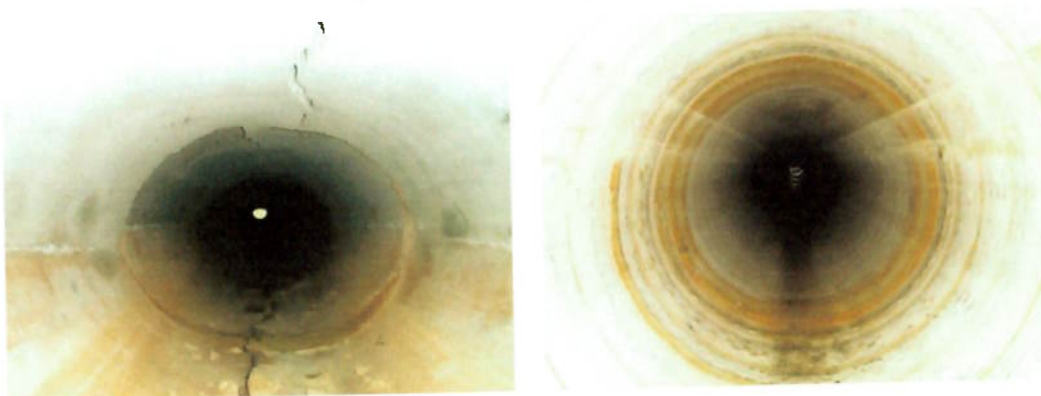


Figura 02 – Tubulações recuperadas

Entretanto algumas empresas do ramo não possuem um equipamento que possibilite a visualização prévia da tubulação antes da recuperação, necessitando assim da contratação de serviços terceirizados. Além disso, não existe nenhuma empresa terceirizada que consiga avaliar a deformação que o tubo sofre com o decorrer dos anos, não conseguindo assim avaliar se existe ou não a obrigação de um reparo na tubulação.

A principal necessidade a ser suprida por esse projeto é a avaliação precisa do diâmetro da tubulação e a verificação da possibilidade de reparo na mesma.

2.2 Visão geral do problema ^(FO/RF)

A cidade de São Paulo é uma das maiores cidades do mundo e com um complexo sistema de saneamento. Segundo dados da Sabesp, os moradores da região metropolitana da cidade de São Paulo geram a cada segundo 33 mil litros de esgoto.

Este sistema de saneamento é formado por:

Redes coletoras: tubulações menores (10 a 40 cm) que passam na frente da casa das pessoas para receber os esgotos;

Coletor-tronco: tubos médios (40 cm a 2,0 m) instalados ao lado dos córregos para receber os esgotos de diversas redes coletoras;

Interceptores: tubulações maiores (1,5 a 4,5 metros) assentadas ao lado dos rios. Leva o esgoto a uma Estação de Tratamento de Esgoto, que trata e devolve a água ao meio ambiente.

O principal alvo de estudo deste projeto são as tubulações das redes de água e saneamento, além das galerias pluviais, cujo diâmetro é inferior a 1,0m, isto é, onde não é possível a entrada de uma pessoa para fazer uma inspeção visual.

A tubulação, com o passar dos anos, se deteriora e aparecem diversos problemas que afetam a eficácia do sistema coletor. Esses problemas não são apenas causados pelo tempo, mas também pela ação do homem. Dentre muitos problemas existem:

- Tubulação de esgoto

- Tubos deslocados;
- Deterioração;
- Intrusão de raízes;
- Desabamentos e rupturas;
- Vazamentos;
- Redução de vazão;
- Infiltração de água (sistema de esgoto);
- Ligações domiciliares irregulares.

-Tubulação de água

- Incrustações;
- Corrosões;
- Vazamentos (Perdas de até 40%);
- Baixa Capacidade de Vazão.

Desabamentos e Rupturas

Dado que as tubulações estão enterradas, a terra que ocupa a superfície do tubo causa uma grande pressão sobre o mesmo. Com o passar do tempo esta pressão faz com que o tubo trinque e chegue até ao colapso. No caso de tubulação de material plástico, antes que o colapso venha a acontecer, ocorre uma deformação no tubo, que pode ser verificada caso haja inspeções regulares nos dutos. No caso da quebra do tubo (colapso) podem ocorrer grandes danos, já que todo solo acima tende a descer, ocupando o lugar do tubo.

Por esses motivos é necessária uma inspeção periódica na tubulação, de modo a garantir que problemas piores não venham a ocorrer.

2.3 Problemas no processo de inspeção ^(FO/RF)

2.3.1 Desnível na tubulação

Segundo informações conseguidas através do engenheiro Moutinho da VideoSan, em uma instalação de tubulação de esgoto, ou galerias, o procedimento de construção correto seria determinar previamente onde seriam os pontos de inspeção (P.I.), retirar a terra entre um ponto a outro, nivelar esta terra, e a partir deste ponto colocar a tubulação e tampar. Entretanto as empresas acabam fazendo esta instalação por partes, ou seja, a colocação de cada pedaço de tubo tem um nivelamento um pouco diferente do outro. Embora não seja a forma correta de construção, isso é feito para evitar que fique um “buraco imenso” aberto por muito tempo, já que existem postos de inspeção que distam mais de 200 m do outro.

Essa diferença de nivelamento entre um tubo e outro faz com que parte da água que deveria escoar ainda fique no interior da tubulação. Esse fato foi visto em uma das filmagens feita pela Empresa VideoSan em uma tubulação no bairro do Brooklin em São Paulo, onde o equipamento ficou totalmente submerso durante vários metros de inspeção.

Esse é um dos principais fatores a ser considerado, já que, o sistema a ser construído deve ser resistente à água, ou seja, seus componentes devem ser a prova d'água, ou devem possuir uma vedação reforçada, para que a água não venha a danificá-los. Aplica-se principalmente aos componentes elétricos, como motor, câmera, aparelhos de medição, e também acelera o processo de corrosão dos componentes mecânicos.

2.3.2 Iluminação

Outro fator importante a se considerar é a falta de iluminação, fazendo assim, com que o sistema precise de seu próprio sistema de iluminação, que deve variar de acordo com o diâmetro do tubo. A lâmpada tem que ser dimensionada de forma que ilumine as paredes do tubo, e a maior distância possível, sem comprometer (brilho) a imagem da câmera.

A luz deve estar perto da câmera, para que a imagem saia com uma melhor resolução, entretanto por se tratar de um ambiente úmido, a lâmpada comum aquece e tende evaporar a umidade, fazendo com que a lente da câmera “embace”.

2.3.3 Rejeitos / imperfeições dentro da tubulação

Antes a inspeção, geralmente é utilizado um jato de água propulsor, que faz a limpeza da tubulação, principalmente dos rejeitos depositados no fundo, liberando assim a passagem do equipamento de inspeção, entretanto sempre resta uma boa quantidade no duto. A figura 03 mostra um equipamento utilizado para limpeza.

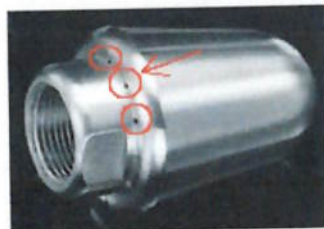


Figura 03 – Equipamento usado para limpeza da tubulação

Além disso, existem imperfeições dentro da tubulação, as juntas dos tubos nem sempre estão alinhadas, resultado da ação do tempo ou da má instalação, resultando em um “degrau” que tem que ser atravessado.

Por isso o dimensionamento do sistema deve ser projetado para que este consiga vencer esses obstáculos, por exemplo, se a tração dele é mecânica o motor tem que ser suficientemente potente para atravessá-los.

Esse problema afeta também na medição do diâmetro da tubulação. Com um sistema elétrico de medição da tubulação, pode-se medir a distância do objeto e não a distância real da parede do tubo.

2.3.4 Operador

Um dos grandes problemas do nosso sistema é o usuário desse equipamento. Pelas imagens feitas pela VideoSan vê-se que os operadores não têm muito cuidado com as peças mais delicadas. Foi possível observar em diversas etapas da filmagem, que o dispositivo se encontrava invertido, isto é, as rodas do carrinho estavam viradas para cima.

Considerando que o operador do dispositivo terá os mesmos cuidados que aquele que foi observado nas filmagens, torna-se necessário fazer um equipamento muito resistente, o que não é o principal objetivo desse trabalho. Entretanto deve-se considerar que o equipamento tem de ser robusto o suficiente, e que irá sofrer

choques e impactos durante o funcionamento, logo se tem que evitar a utilização de equipamentos frágeis e muito sensíveis.

Além disso, o sistema deve ser leve e fácil para carregar, já que o operador irá colocá-lo e tirá-lo de dentro de tubulações que estão enterradas, utilizando apenas suas mãos.

2.3.5 Tubulações com diferentes diâmetros

Para ter uma boa visualização das imagens é ideal que a câmera esteja posicionada no centro da tubulação, entretanto sabe-se que existem tubos com diâmetros de todos os tamanhos.

Portanto o sistema deve ser flexível para se adaptar a essas variações, e garantir um bom posicionamento da câmera, isto é, que não abaixe sozinho durante o percurso e que não balance.

2.3.6 Tubo obstruído ou colapsado

Um outro problema é a existência de um colapso na tubulação, que exige que o sistema consiga retornar de ré. Essa interrupção do tubo pode causar também a quebra de algum componente frágil (lâmpada e lente da câmera) como visto na VídeoSan.

2.3.7 Comprimento do tubo

O Comprimento do tubo exige que todo o sistema de transmissão de sinais tenha um alcance superior ao comprimento do tubo, para o caso de transmissão por cabo, é necessário que os cabos sejam maiores do que o comprimento do tubo inspecionado, e no caso de transmissão por telemetria que o recurso utilizado tenha uma vasta faixa de transmissão.

2.3.8 Ambiente corrosivo

Além do problema da água acumulada na tubulação, foi encontrada também a decomposição de rejeitos, que geram ácidos no interior da tubulação.

Esses ácidos, assim com a água, aceleram o processo de corrosão.

2.4 Mercado atual ^(FO/RF)

Existem hoje no mercado diversos fabricantes de equipamentos para inspeção, sendo todos eles estrangeiros, o que resulta em equipamentos de custo elevado.

Além disso, a inspeção e monitoramento das tubulações por sistema de TV é um mercado grande e em expansão. Atualmente a Sabesp implantou, para todas as obras do Projeto Tietê, o monitoramento por robô e TV, resultando em um investimento de R\$ 4,5 milhões. (Projeto Tietê - Sabesp)

O monitoramento por TV é realizado antes das obras entrarem em operação visando assim manter a qualidade da execução das redes de esgoto. A figura 04 mostra um dos equipamentos utilizados nesta obra.



Figura 04 – Robô utilizado na inspeção do Tietê

3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA (FO/RF)

A fim de facilitar a escolha das soluções que serão utilizadas no dispositivo, o sistema foi dividido em três subsistemas: o Sistema de Tração e Posicionamento da câmera, o Sistema de Filmagem e Aquisição do Sinal, e o Sistema de Medição. Para todos os sistemas foram procuradas informações relevantes, como: equipamentos existentes, novas tecnologias, problemas e outros dados considerados importantes.

3.1 Sistemas de tração e posicionamento da câmera (FO)

O sistema de tração pode ser considerado um dos mais importantes para o protótipo, pois ele que irá proporcionar a movimentação necessária para os outros subsistemas. O posicionamento da câmera é um fator que pode alterar de forma significativa a filmagem, ele é responsável por centralizar a câmera no centro do tubo, para que a imagem saia mais nítida possível.

3.1.1 Modelos de equipamentos existentes

No Brasil existem empresas que já oferecem o serviço de inspeção a mais de vinte anos. Entretanto até hoje ainda não existem no Brasil fabricantes de equipamentos para inspeção, existindo no máximo representantes de empresas multinacionais.

A partir disso, ou seja, por ser uma tecnologia já empregada há muitos anos, o dimensionamento do nosso sistema de tração utilizará como base os equipamentos existentes no mercado e suas especificações.

A tabela 1 lista os equipamentos oferecidos pelos principais fabricantes e algumas especificações.

Tabela 1 – Equipamentos existentes

Empresa: Cues (www.cuesinc.com)

Nome do equipamento	diâmetros de tubo	Meio de locomoção	Transmissão	Material
Pipe Ranger	7" a 48"	6 Rodas - 3,7", 5,0", 10,5"	mecânica de 2 velocidades 35pés/min e 65pes/min	Bronze e aço inoxidável
Ultra Shorty 21	6" a 36"	esteira	Para frente (0 a 55pés por min), ré e ponto morto. Motor 1/8HP DC	Bronze e aço inoxidável
Steerable Mudmaster	24" a 200"	8 Rodas - 10,5" semipneumáticas	Para frente, ré e ponto morto.	Bronze e aço inoxidável
Float	24" a 200"	barco - estilo catamarã	Manual	Poliuretano com fibra de vidro

Empresa: Everest Vit (www.everestvit.com)

Rovver® 400 system	6" a 30"	6 rodas 2,5", 3,4"	2 motores 20 W DC a prova d'água	aço inoxidável e alumínio
The ROVVER 600	6" a 36"	4 Rodas 5,3"	2 motores 20 W DC a prova d'água	aço inoxidável e alumínio

Empresa: Áries (www.ariesind.com)

TR-2000	acima de 6"	esteira	Motor e transmissão à prova d'água. Correntes em aço carbono	Aço inoxidável
Mini Badger	acima de 6"	6rodas pneumáticas 3,4" e 5"	Para frente ré e ponto morto. A prova d'água	Aço inoxidável
Badger	8" a 30"	4 rodas 3", 4", 5" e 8"	Para frente ré e ponto morto. A prova d'água	Aço inoxidável

Empresa: Pearpoint (www.pearpoint.com)

P420	6" a 30"	6rodas	Para frente e ré	Não disponível
P440	acima de 12"	4rodas	Para frente e ré	Não disponível
P448	acima de 20"	4rodas	Para frente e ré	Não disponível

Empresa: Cobra (www.cobratec.com)

Nome do equipamento	diâmetros de tubo	Meio de locomoção	Transmissão	Material
Cobra Crawlers	8" a 24"	4 rodas pneumáticas	Motor de 0,2HP com elástico que transmite a tração para as 4 rodas Para frente ré e ponto morto.	Não disponível
Steerable Crawler	12" a 120"	esteira - otimiza o movimento na sujeira e areia	frente e ponto morto - tem um cabo para retirar de ré	Não disponível
Storm Crawler	24" a 200"	4 rodas pneumáticas	Não disponível	Não disponível

Empresa: Ratech Eletronics (www.ratech-eletronics.com)

Rebel Crawler	8" a 30"	6 rodas	frente, ponto morto e ré. Motor de 1/3HP. Velocidade 66pés/min	Não disponível
RCT-310	8 a 15"	esteira	frente, ponto morto e ré. Velocidade 30pés/min. A prova d'água com proteção de alumínio	Aço inoxidável

Empresa: RS Techserv (www.rstechserv.com)

Mainline Transporter	6 a 24"	4 rodas pneumáticas	3 velocidades para frente, parado e ponto morto. Velocidade máx 45pés/min. A prova d'água	alumínio e aço inoxidável
Steerable Storm Drain Tractor	28" a 72"	4 rodas pneumáticas 11"	3 velocidades para frente e ré	Não disponível
crawler transporter	6" a 30"	esteira	3 velocidades para frente, ré, parado e ponto morto para retirar. Velocidade máx de 55 pés/min. Motor de 0,25HP	Aço inoxidável

3.1.2 Principais sistemas de tração

Pela análise dos equipamentos existentes de inspeção, dividiram-se os sistemas de tração em 2 tipos, os que possuem um motor elétrico e os que utilizam tração manual, ou seja, necessitam de um cabo puxando o equipamento através do tubo.

Os sistemas de tração, independente se mecânica ou manual, tem de ser dimensionados de forma a minimizar os problemas de inspeção, entretanto independente do sistema utilizado, sempre existirá as vantagens e desvantagens.

Têm-se a seguir as vantagens de cada sistema em relação ao outro.

Sistema de Tração Manual

- Menor Custo do Sistema – Não há a necessidade de uma série de equipamentos como motor, transmissão e sistema de controle, que devem ser a prova d'água. Entretanto para operá-los são necessários dois cabos de comprimento maior do que o tubo a ser inspecionado, um para movimentá-lo para frente e outro para trás. É necessária uma preparação do tubo antes da inspeção, isto é, é necessário passar o cabo para o outro lado, ou junto com o dispositivo de lavagem, ou através de um cabo semiflexível.

- Menor Manutenção – Assim como não há a necessidade de adquirir esses componentes, também não há o problema com a manutenção.

- Facilidade de construção

Sistema de Tração Mecânica

- Apenas um operador – Considerando que o sistema também tem marcha ré, um operador consegue operá-lo sozinho sem dificuldade.

- Uniformidade na filmagem – Considerando que o sistema move-se em velocidade constante, terá a filmagem da tubulação mais uniforme.

Um dos problemas comum aos dois sistemas de tração é o material. Como apresentado nos equipamentos existentes, o material do sistema geralmente é aço inoxidável, para diminuir a taxa de corrosão e ao mesmo tempo ser resistente aos impactos provenientes da medição.

O custo de uma chapa de aço inoxidável na empresa Retinox é de R\$ 17,00 por quilo. A chapa de menor espessura (0,8mm), com dimensões 2000mm x

1250mm, pesa 17kg, portanto seu custo é de R\$ 280,00. Já o tubo de diâmetro 19,05mm (3/4") com espessura de parede de 1,2mm custa R\$ 14,00 por metro. Outro material também resistente a corrosão é o Alumínio, que tem a vantagem de custo e massa inferior ao aço inoxidável mas ao mesmo tempo tem uma resistência menor.

Existe também a possibilidade de utilizar um material mais barato e revesti-lo com uma camada de tinta antiferrugem, entretanto a manutenção desse revestimento deve ser feita periodicamente.

3.1.3 Sistemas de tração manual

Dentre os diferentes sistemas de tração manual comercializados atualmente, destacam-se três tipos de sistema. Sistema de locomoção por rodas, que simula um automóvel; o sistema de locomoção por prancha, que é muito parecido com um barco; e o sistema de locomoção por esquis, também muito parecido com trenós.

Como já mencionado anteriormente, todos os equipamentos aqui apresentados necessitam de dois cabos de comprimento maior do que o tubo a ser inspecionado, um para movimentá-lo para frente e outro para trás (para o caso de um tubo obstruído).

Podem-se utilizar cabos comuns de nylon, que tem menor peso e menor custo, ou cabos de aço, que têm uma resistência maior. O custo de um rolo de 250 metros de cabo de aço galvanizado de 1,6mm de diâmetro cotado com a Empresa Telas MM é de R\$ 111,48.

3.1.3.1 Locomoção por rodas

O sistema de locomoção por rodas é o mais comum e mais utilizado pelo mercado atual. A vantagem desse sistema é que as rodas diminuem o atrito do sistema com o chão, e ao mesmo tempo garante uma boa estabilidade para o sistema.

É um bom sistema porque consegue atravessar com facilidade as imperfeições do piso (objetos, pedras e junta dos tubos), e não compromete o seu funcionamento em áreas "alagadas" (desníveis).

Além disso, é o melhor sistema para centralização da câmera. Já que além da variação da posição da câmera com o centro do tubo ser muito pequena, ainda há a

possibilidade de variar o tamanho da roda de acordo com o tamanho do tubo. Mantendo assim o centro de gravidade próximo do chão.

Para mostrar que a variação é muito pequena (idealmente nula) pode-se usar o modelo com um triângulo, onde os vértices inferiores são os locais de apoio das rodas e o vértice superior é o centro da câmera, como na figura 05. Sabe-se também que é interessante possuir um eixo grande que diminui essa variação, mantendo-o sempre no plano horizontal.

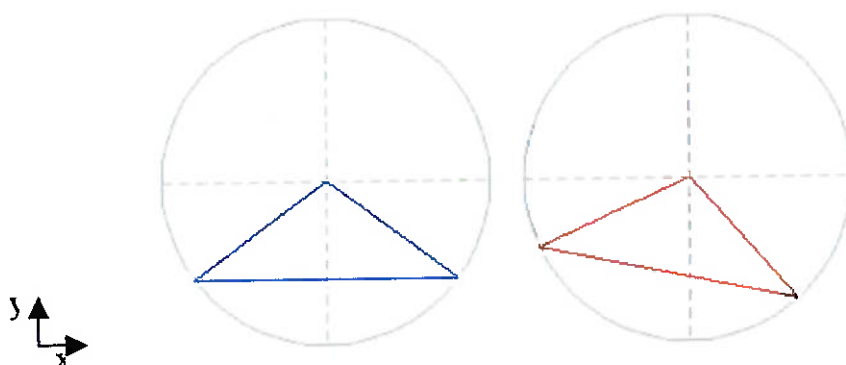


Figura 05 – Posicionamento da câmera

Pode-se considerar também que o sistema não terá uma variação muito grande com relação à outra coordenada (z), pois a tração dele será feita por um cabo na extremidade do tubo, por isso, mesmo que o cabo esteja desalinhado com o centro do tubo, será mínima esta influencia no sistema, que está a vários metros da extremidade do tubo.

Atualmente existem no mercado sistemas com 4 a 8 rodas, com diâmetros variando entre 3 e 11 polegadas (75 a 276mm), geralmente rodas pneumáticas.

Através do catálogo da empresa Novex (no Anexo 1) vê-se quais materiais são adequados para cada condição de piso e utilização.

Admitindo que as condições de funcionamento do sistema sejam: piso de concreto liso, concreto rústico, plástico ou terra/areia; Carga média; capacidade de superar pequenos obstáculos; tração manual; e resistência a rasgo, água e ácido sulfúrico 10% (ambiente corrosivo), as rodas que se adequam ao nosso problema são compostas por um dos seguintes materiais:

- Termoplástica
- Borracha (normal, não manchante e elástica)

- Pneumática (não recomendada para objetos perfurantes)

- Celeron

Além da Novex, existem diversas empresas especializadas na fabricação de rodas, portanto esse não será um item de difícil obtenção.

Uma roda pneumática com núcleo de alumínio, em consulta a Empresa Novex de raio 265 mm custa R\$ 92,76 por unidade.

A figura 06 mostra um exemplo de utilização deste tipo de locomoção no mercado



Figura 06 – Modelo de locomoção por rodas (Steerable Mudmaster – Cues)

3.1.3.2 Locomoção por prancha

Esse é também um bom sistema, oferecido por alguns fabricantes, que tem a vantagem de isolar os demais componentes de entrarem em contato com a água, não necessitando assim de equipamentos a prova d'água e diminuindo substancialmente a manutenção dos demais componentes.

Entretanto, o problema da água acumulada dentro da tubulação é esporádico e pode vir a não acontecer. Além disso, muitas inspeções são feitas logo após a inserção da tubulação no subsolo, para verificar se não houve nenhum problema de instalação, e nesses casos esse sistema não é recomendado. Isto devido ao fato de que a prancha consegue transpor todo o tubo, entretanto o desgaste do seu material é muito grande, devido ao atrito.

Esse sistema é indicado para tubos onde não há como interromper o fluxo de água, e com a altura da água inferior ao raio do tubo, já que para tubos completamente cheios ele também não é recomendado.

Ele também tem a desvantagem de não conseguir centralizar a câmera, já que pode haver o movimento lateral, outra desvantagem é a de que as pranchas são

confeccionadas em tamanhos fixos, sendo no mínimo 200 mm de largura, portanto não seria possível a inspeção em diâmetros menores.

Um modelo igual ao equipamento da Cues (Float), onde a prancha é feita de poliuretano e simula um catamarã é muito difícil de encontrar, entretanto pode-se utilizar mini-pranchas de surf ou pranchas usadas para aprendizado de natação. Esse último é um item comum de encontrar. Um exemplo é a prancha para natação Fiore, em EVA, 360 x 275 mm, preço de R\$ 19,00.

A figura 07 mostra um exemplo desse modelo utilizado no mercado.

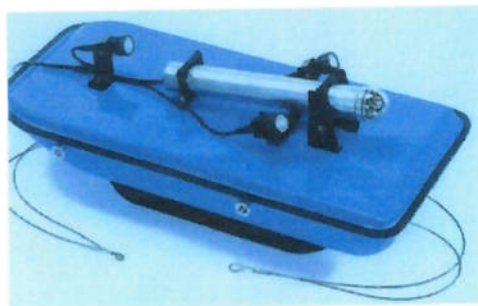


Figura 07 – Modelo de locomoção por prancha (Float - Cues)

3.1.3.3 Locomoção por esqui

Também um sistema oferecido por alguns fabricantes, principalmente para os sistemas de reparos laterais, usualmente utilizados após a recuperação de um tubo com um revestimento “plástico” (como o Ribloc ou CIPP, Cured in Place Pipeline), onde são fechadas todas as entradas dos tubos menores, devendo assim ser restauradas. Como é mostrado na figura 08.

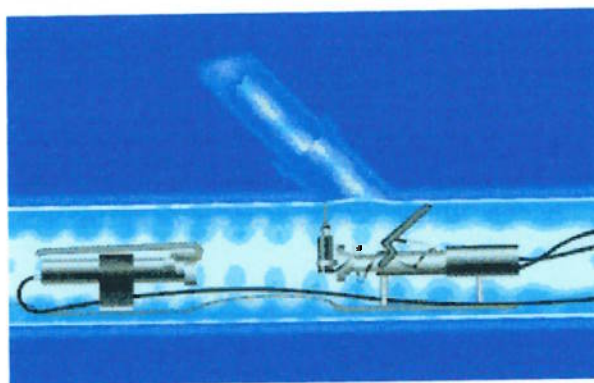


Figura 08 – Equipamento para reparos laterais

Entretanto esse sistema é muito sensível à existência de objetos ou imperfeições na tubulação, podendo travar em alguma junta e o momento causado entre a força e esse ponto de apoio pode danificar o dispositivo. Isso não ocorre em tubulações reformadas, pois o novo revestimento alivia esses degraus.

Ele é utilizado com essa finalidade porque garante um bom apoio no solo. Entretanto esse atrito com o solo é outra desvantagem, pois o atrito irá degradar ainda mais rápido o equipamento, já que o piso não é liso como o recuperado.

As vantagens são que esse sistema também garante a centralização da câmera assim como as rodas, e também a distância dos esquis da base seria variável, similar a alterar o diâmetro da roda.

3.1.4 Sistemas de tração mecânica

Dentre os diferentes sistemas de tração mecânica comercializados atualmente, destacam-se dois tipos de sistema. O sistema de locomoção por rodas, similar ao com tração mecânica; e o sistema de locomoção por esteira similar a um trator. Este último é recomendado para pisos de areia e com muita sujeira, pois otimiza o movimento.

Como já mencionado no item acima, todos os equipamentos aqui apresentados, necessitam para sua operação de motores elétricos, transmissão e um sistema de controle.

Os motores elétricos devem ter potência o suficiente para que o sistema atravesse as imperfeições do piso (sujeira, juntas) e garantam uma velocidade razoável de inspeção.

Pela análise dos equipamentos existentes no mercado, vê-se que o motor utilizado varia de 0,2HP a 1/3 HP, geralmente em corrente contínua. Em uma rápida procura pela Internet, foram encontrados diversos revendedores de motores de corrente contínua. Um motor de 1/4 HP (Máximo de 1/4HP e contínuo de 1/8HP) 12V DC (corrente contínua) 5400rpm, visto no website www.batteryspace.com custa na faixa de US\$30,00.

Além disso, é possível observar através dos equipamentos existentes, que a velocidade de inspeção é em torno de 0,2 a 0,3 m/s (40 a 60 pés/min). Como os

motores elétricos giram a mais de 1000rpm, deve-se avaliar se há a necessidade de uma redução na transmissão.

Além disso, é indicado que o motor seja a prova d'água, pois devido ao problema de desnível da tubulação, o motor pode entrar em contato com a água, e parar de funcionar no interior do tubo

Um motor de corrente contínua possui a vantagem de conseguir três “marchas” sem precisar de um controlador (frente, ponto morto e ré), já que ao inverter a polaridade inverte-se a rotação do motor.

Apesar de que quase todos os fabricantes oferecem a ré, e utilizam motores a prova d'água, muitos sistemas também possuem um acoplamento para o cabo de aço na parte traseira, para o caso de uma eventual queda de energia ou problema com o motor.

3.1.4.1 Locomoção por rodas

Possui as mesmas características do sistema com tração manual, com a vantagem de não ter um cabo na frente atrapalhando as imagens. E, além disso, consegue uma autonomia maior, pois a mesma pessoa que está vendo o vídeo pode estar controlando o sistema. Entretanto, como já foi apresentado, tem como desvantagens os problemas de manutenção, custo e montagem.

Um outro problema com a tração mecânica ocorre no funcionamento do sistema. Se as rodas não forem alinhadas no processo de construção, isso vai influenciar no percurso do “carro” que tenderá a ir para o lado do tubo, desalinhando assim a imagem da câmera. Esse problema é menor em um sistema de tração manual, pois a força tende a “arrastá-lo” para frente, mesmo que este esteja desalinhado para o lado.

Outro ajuste que deve ser introduzido no sistema é a inclusão de uma correia, que liga as rodas dianteiras com as traseiras, fazendo assim uma tração 4x4 igual ao modelo oferecido pela empresa Cobra no modelo Crawler (Figura 09). Isso irá ajudar o sistema a transpor os objetos e imperfeições do piso.

Este problema de subir com o equipamento as imperfeições dos tubos, também acontece com o equipamento da VideoSan, no qual os operadores precisam aumentar rapidamente a voltagem do motor, para que esse “pule” o degrau.



Figura 09 – Modelo de locomoção por rodas com correia (Crawler – Cobra)

3.1.4.2 Locomoção por esteira

Sistema indicado para ambientes com muita sujeira ou areia, pois tem um contato maior com o solo, e consegue subir as imperfeições, sem ficar derrapando, o que acontece com o sistema de rodas. Entretanto um sistema de correias exige uma maior manutenção e é mais difícil a sua construção, visto que nem todas as empresas dispõem de um equipamento deste tipo. O material das esteiras geralmente é borracha, com uma estrutura metálica.

Um problema é que na falta de energia, ou qualquer problema que ocorra que pare o funcionamento do sistema, ele tem que ser arrastado de volta, desgastando o equipamento, e podendo danificar outras partes.

É um sistema bom, porém de difícil construção e de maior manutenção. Na figura 10 pode-se observar um exemplo utilizado no mercado.



Figura 10 – Modelo de locomoção por esteira (TR2000-Aries)

3.1.5 Outros sistemas de tração

Existem outros diversos tipos de sistemas, porém que foram considerados inviáveis devido à tecnologia empregada, ou por não atenderem as necessidades desse projeto.

Sistema de propulsão a jato d'água

Esse sistema patenteado por uma empresa dos EUA, utiliza o mesmo equipamento para limpeza do tubo e filmagem (Figura 11). O objetivo é diminuir o tempo de inspeção e no caso de obstrução do tubo, ter a imagem do que está acontecendo.

Entretanto, a imagem não pode ser controlada, e muito menos dá para efetuar medições precisas com um equipamento que não tem controle.



Figura 11 – Propulsão a jato d'água (Water Jet propelled - Westvac)

Sistemas sem transportadores

Existem diversos equipamentos no mercado que são compostos apenas pela câmera e um cabo que empurra esta câmera. Esse sistema também não atende nossa necessidade, pois a faixa de inspeção é de 2 a 6 polegadas, inferior a desejada. Além disso, com ele você não sabe se a falha está na parte inferior ou superior da tubulação, ou seja, você só tem o referencial de distância. (Figura 12)



Figura 12 – Sistema sem transportador (See Snake Plus- Detectaleak)

3.1.6 Sistema de posicionamento da câmera

Este sistema é muito importante, visto que, a maioria dos equipamentos comercializados o possui. Ele aumenta a flexibilidade do sistema permitindo que possa fazer a inspeção não só de tubos pequenos, mas de diversos diâmetros.

Ele permite a centralização da câmera no tubo, melhorando a qualidade das imagens, permitindo a visualização tanto da parte inferior como da parte superior. Além disso, é necessário um bom sistema de travamento, que mantenha a câmera na mesma altura durante toda a extensão do tubo. É importante lembrar que a câmera não deve subir muito, porque desloca o centro de gravidade para cima, podendo gerar uma possível queda.

O mecanismo de levantamento é um mecanismo simples e aparentemente de fácil construção. A figura 13 ilustra alguns exemplos.



Figura 13 – Mecanismo de posicionamento da câmera

Assim como o sistema de locomoção, o sistema de posicionamento pode ser acionado manualmente, antes da inspeção, ou através de um motor elétrico, podendo variar a altura da câmera durante o processo de inspeção.

Cada sistema tem as suas vantagens e desvantagens.

Ajuste Manual

- Permite que seja ajustada a altura com precisão
- Menor custo
- Facilidade de construção

Ajuste Mecânico

- Permite que seja ajustada a altura de acordo com a necessidade de imagem (close de um detalhe). Entretanto, após a movimentação, dificilmente conseguirá centrar a câmera com precisão
- Necessidade de manutenção
- Cuidado com as partes elétricas não entrarem em contato com a água.
- Permite que o sistema continue, mesmo se houver uma redução brusca do diâmetro.
- Necessidade de sistema de controle

3.2 Sistemas de filmagem e aquisição do sinal ^(RF)

O sistema de filmagem e aquisição do sinal engloba desde iluminação, câmeras de filmagem, movimentação das mesmas, até a forma com que o sinal é transmitido e captado por um sistema de aquisição de dados.

Toda a tomada de dados é composta por quatro elementos chaves no processo:

- Captadores: Aparelhos que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente (para o nosso caso são as câmeras de filmagem que serão descritas mais detalhadamente).

- Interface da Aplicação: Interface entre os aparelhos e a rede de comunicação (transforma o sinal para o envio).

- Base de Comunicação (Backbone): Transmitir as informações das câmeras através da interface da aplicação, para um computador central de comando e um centro de controle. Os meios disponíveis para transmissão de dados são: Microondas, Rádio Privado (UHF/VHF), Celular (SMS), Satélite (VSAT) ou transmissão física por cabos.

- Centro de Controle e Comando: Este é o ponto central que recebe os dados transmitidos pelos equipamentos. A informação é processada, podendo ser analisada ou retransmitida via internet.

Esse sistema é imprescindível para uma maior segurança do protótipo dentro da tubulação, a filmagem ajuda os controladores a desviarem de possíveis obstáculos e pode auxiliar na inspeção através de imagens, que quando trabalhadas e bem estudadas, levam a conclusões importantes sobre o estado da tubulação inspecionada.

3.2.1 Sistema de iluminação

Para que a filmagem seja nítida e possa ser utilizada de forma correta é necessária uma boa iluminação interna no tubo. Verificando os equipamentos existentes no mercado foi possível dimensionar a potência necessária para termos uma imagem adequada. Em média os equipamentos estudados possuem entre 60 e 80 Watts de iluminação total, distribuídas de forma aleatória dependendo do projeto. É necessário lembrar que a iluminação deve ser protegida contra água e outros resíduos líquidos presentes na tubulação.

O problema da iluminação é que sendo lâmpadas quentes, elas evaporam a umidade do ambiente, causando um vapor que pode “embaçar” a lente da câmera. E geralmente as lâmpadas frias de maior potência precisam de um reator.

O preço de uma lanterna a prova d’água de 32 W é de R\$ 36,00. Funcionam com pilhas ou baterias recarregáveis.

3.2.2 Tipos de câmeras para filmagem

O tipo de câmera utilizada também é um dos parâmetros que devem ser estudados dentro do sistema de filmagem. A qualidade da imagem torna-se

importante para os casos de utilização das mesmas para medições e tomadas de decisão. Além disso, a durabilidade e robustez também devem ser observadas, já que as câmeras sofrerão impactos podendo quebrar-se, impedindo assim a continuação da inspeção. Devido à presença de líquidos nas tubulações, todas elas deverão ser blindadas. Além disso existe a possibilidade de adquirir uma câmera infravermelho que dispensa a utilização de iluminação.

Os principais tipos de câmeras que podem ser utilizados no processo são: as micro-câmeras, as câmeras de tamanho normal e as câmeras a prova d'água ou subaquáticas.

3.2.2.1 Micro-câmeras

Preço médio de R\$ 190,00. Possuem a vantagem de ter menor peso e espaço ocupado, além de serem mais fácil de movimentar. No entanto não possuem altas resoluções se comparadas às câmeras de maior porte (Resolução média 350 linhas). É necessário criar uma blindagem contra água. Na figura 14 existem alguns exemplos de micro-câmeras.



Figura 14 – Micro Câmeras (Gradiente e Top Way)

3.2.2.2 Câmeras normais

Preço médio R\$ 570,00. Possuem uma boa resolução (média 470 linhas), porém são muito pesadas e ocupam um espaço muito grande dentro da tubulação. Além disso, dificultam a movimentação e o giro necessário nas filmagens. Também necessitam de uma blindagem contra água. Na figura 15 observa-se alguns exemplos de câmeras normais.



Figura 15 – Câmeras (gradiente, LG e Top Way)

3.2.2.3 Câmeras subaquáticas

Preço médio 650,00. Maior custo de entre todas as câmeras. No entanto possuem uma resolução média (390 Linhas) e não requer cuidados com água e outro tipos de líquidos internos a tubulação. Além disso, são de peso médio e seu formato facilita a movimentação. Na figura 16 existe um exemplo de câmera sub-aquática.



Figura 16 – Câmera Subaquática AVC 30 TR

3.2.3 Movimentação das câmeras

Outra preocupação dentro do sistema de filmagem é a movimentação das câmeras no protótipo. A movimentação é útil para o caso de ser necessária uma visão panorâmica da situação interna do duto. Casos como obstáculos abaixo do protótipo ou dificuldade de visualização de uma área específica podem ser resolvidos com a movimentação. No entanto esse sistema pode gerar custos extras e dificuldades de manutenção.

Em relação a esse sistema têm-se três diferentes versões para as câmeras: fixa (sem movimentação), giro com um grau de liberdade ou giro com dois graus de liberdade.

3.2.3.1 Câmera fixa

Não requer nenhum dispositivo, sua instalação é simples. No entanto não condiz com a necessidade estabelecida para a resolução de alguns problemas citados.

3.2.3.2 Câmera com um grau de movimentação

Requer uma montagem mais complexa. O controle é simples podendo ser feito por um motor de passo ou por dispositivo “Pan Tilt”, o custo desse dispositivo sem o controle é de R\$ 470,00. Atende em parte as necessidades estabelecidas.

3.2.3.3 Câmera com dois graus de movimentação

Tem a montagem mais complexa dos três sistemas. Seu controle é complicado, pois requer mais de um motor e sistemas integrados entre eles, além disso, seu custo é elevado. No entanto atende de forma ampla as necessidades citadas anteriormente. Na figura 17 observa-se um exemplo deste tipo de câmera.



Figura 17 – Câmera CUES com dois graus de liberdade

3.2.4 Transmissão de sinais

A transmissão do sinal pode ser feita de duas formas básicas; através de cabos que conectam o protótipo ou por telemetria (através de ondas de rádio, microondas ou satélite sem a necessidade de contato físico). As duas formas podem ter seus dados armazenados em computadores para serem analisados quando necessário.

3.2.4.1 Transmissão por cabos

Esse tipo de transmissão possui a vantagem do menor custo se comparada com a transmissão via telemetria (100m de cabo custam R\$ 134,76 + conectores R\$ 15,00), além disso, sua montagem é mais simples. No entanto o seu alcance é restrito a em média 250 m para filmagens coloridas e existe a possibilidade de rompimento

ou desconexão de algum cabo durante uma inspeção, o que colocaria a perder todo um trabalho iniciado. A presença de cabos também aumenta o peso que deve ser levado pelo protótipo e os cabos podem prender-se em algum local da tubulação impedindo a locomoção do protótipo. Fonte (<http://www.energibras.com.br>), Energibras fabricante de cabos.

3.2.4.2 Transmissão por telemetria

Possui a vantagem de não necessitar de cabos, que geram os problemas citados anteriormente. No entanto algumas transmissões podem ser prejudicadas caso existam obstáculos entre os pontos de comunicação, como por exemplo, extensas camadas de concreto. Embora seja uma tecnologia que vem sendo melhorada e barateada o custo é também mais elevado, isso porque um sistema de telemetria possui um complexo sistema de transmissão de dados que requer antenas e captadores de sinais, sendo cada um deles um acréscimo ao preço do sistema.

3.2.5 Sistema de captação de sinais

A captação de dados pode ser feita diretamente por um vídeo e gravada em VHS ou pode ser captado por um computador através de uma placa de captura. Uma placa de captura Aver Mídia tem um custo de R\$ 670,00.

3.3 Sistemas de medição ^(FO/RF)

O sistema de medição é a inovação de nosso projeto, pois ao contrário dos outros sistemas, ainda não existem muitas empresas que oferecem essa opção. Os equipamentos que tem a opção de medição, utilizam tecnologias avançadas como PIGs, filmagem a laser entre outros, que fazem o preço do produto ser alto, e inviabiliza a compra.

A medição é importante principalmente para as novas instalações, que utilizam tubulações de compostos plásticos, que com o passar do tempo deformam-se. Através da medição do diâmetro da tubulação, é possível avaliar se há a necessidade de substituir ou reparar a tubulação. Atualmente, os novos projetos utilizam as mais novas tecnologias, que consistem em tubulações de “plástico”, substituindo as antigas de concreto, como visto no túnel da Avenida Rebouças.

Os sistemas que serão apresentados foram dimensionados tentando abordar todas as tecnologias existentes, variando de equipamentos mecânicos a eletrônicos.

3.3.1 Sistemas eletrônicos ^(FO)

Pode-se denominar sistemas eletrônicos todos aqueles que fazem a medição através de sinais eletrônicos enviados e recebidos de diferentes formas. Cada um dos sistemas serão mais bem explicado nos próximos itens.

3.3.1.1 Medidores de distância

Atualmente existem diversos equipamentos de medição de distância que funcionam através da emissão de um sinal e que incide na superfície e retorna ao aparelho. E através do cálculo do tempo de resposta, o equipamento consegue avaliar a distância.

Atualmente, existem dois tipos de equipamentos, os que utilizam sinais de ultra-som e os que enviam sinais de laser. A principal diferença é que o laser tem uma precisão melhor, e consegue medir distâncias maiores, entretanto seu custo está na faixa de R\$ 2000,00 (Bosch), sete vezes mais do que um aparelho similar por ultra-som.

A tecnologia por ultra-som é utilizada em diversos equipamentos, como sensores de distância de veículos, radares nas rodovias e sistema de medição de grandes dimensões (Construção Civil).

A idéia é utilizar um medidor de distância por ultra-som, acoplado a motor de passo, que iria fazer com que o sensor medisse diversas posições dentro do tubo.

Existem diversos tipos de medidores. Entre eles existe o medidor Bosch DUS 20 Plus que custa e R\$ 284,00 reais e o medidor de distância utilizado em automóveis, à prova d'água custa em torno de US\$ 200,00. (site Sports Import)

A vantagem do medidor de distância utilizado em automóveis é que ele é menor, e também porque ele funciona mesmo se houver o contato com a água, enquanto o outro não.

O ideal é utilizar o motor de passo para girar o sensor, e medir a distância de vários pontos do tubo, e através destas medidas desenhar o perfil da tubulação.

Entretanto sabe-se que a programação de um motor de passo, não é simples e requer conhecimentos específicos de eletrônica. Esse modelo é exemplificado na figura 18.

Outra desvantagem desse sistema é que os sensores têm um alcance de medição de no mínimo 0,4m(Ultra-som e Laser), portanto ele só seria possível em tubos com no mínimo 800 mm de diâmetro. Isso se deve ao fato de que para distâncias muito pequenas o sinal volta para o aparelho muito rápido, não tendo uma medição confiável.

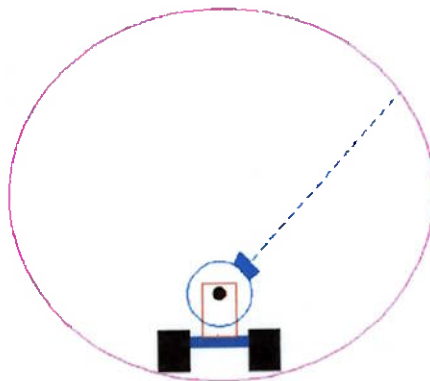


Figura 18 – Medição eletrônica

3.3.1.2 Medição através da filmagem

Esse sistema consiste em avaliar através da imagem adquirida pela câmera, a dimensão da tubulação. A principal vantagem é de utilizar os equipamentos já existentes para filmagem também para essa finalidade.

O sistema consiste em utilizar dois feixes de Laser, similares aos utilizados em apresentações. Esses feixes estariam alinhados e apontando para a parte inferior do tubo. Marcando dois pontos na parte inferior do tubo.

Como a distância entre esses dois feixes é fixa, e conhecendo o diâmetro da tubulação, obtém-se um referencial para um plano de nossa imagem. E com isso pode-se fazer medições no plano dos pontos.

Como o diâmetro do tubo é conhecido, consegue-se traçar a circunferência que passa por esses dois pontos, e comparar a imagem (tubo deformado), com o desenho (tubo real). Esse estudo é válido apenas se considerarmos que a parte inferior sofre uma deformação muito pequena

Portanto, quando for identificado um tubo com uma visível deformação, é capturada a imagem (foto) e essa imagem é manipulada como na figura 19.

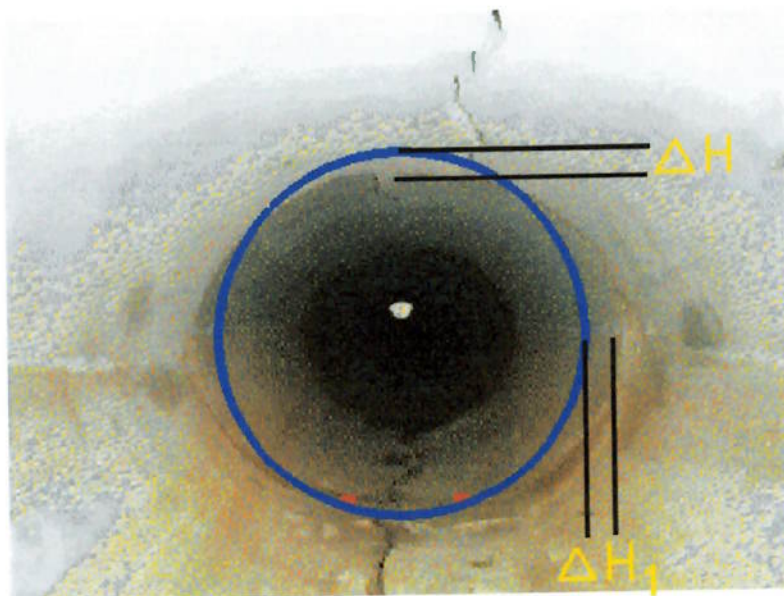


Figura 19 – Medição por filmagem

Nessa imagem foi utilizado o freeware Microstation para tratamento, e ela simula a medição de uma tubulação. Os pontos vermelhos ilustram as marcações do Laser.

3.3.2 Sistemas mecânicos ^(RF)

Podem ser considerados sistemas de medição mecânicos todos aqueles que medem as tubulações de forma física, ou seja, não utilizam sistemas eletrônicos. Podem ser divididos em três soluções principais geradas a partir de diferentes idéias, sendo elas: o sistema de varetas móveis, o sistema de gabarito (molde passa não passa) ou o sistema que utiliza um dispositivo criado, denominado dispositivo guarda chuva. Cada uma destas soluções tem suas vantagens e desvantagens que devem ser utilizadas como fatores decisivos para a escolha final do dispositivo. Cada um dos dispositivos será explicado e comentado detalhadamente nos parágrafos seguir.

3.3.2.1 Sistema de varetas móveis

Esse sistema funciona através de varetas que possuem um sistema de molas interna que permitem que elas estejam sempre em contato com o tubo. Conforme o

protótipo se movimenta as varetas diminuem ou aumentam o seu comprimento de acordo com a variação do diâmetro interno do tubo, dessa forma é possível medir quanto o tubo teve de variação interna durante a inspeção. Esse fato é observado na figura 20.

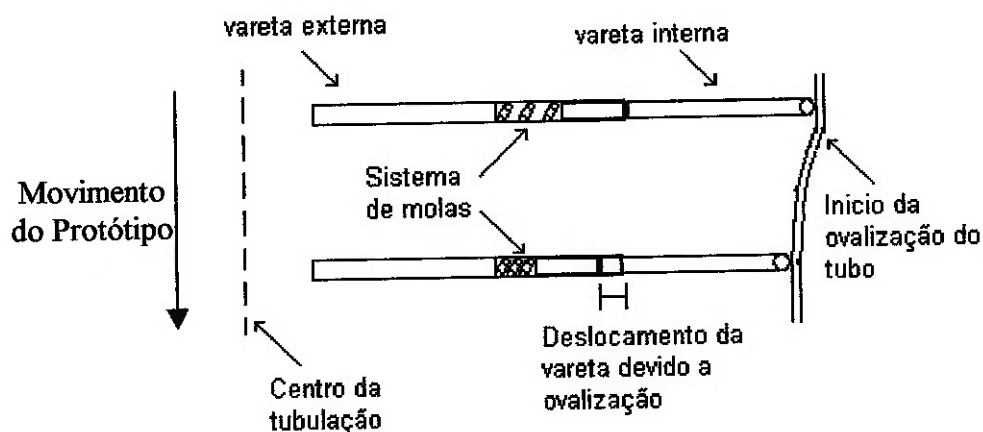


Figura 20 – Esboço de funcionamento das varetas

A vareta interna pode deslocar-se por dentro da vareta externa. O sistema de mola mantém o contato com a tubulação.

A medição desta variação pode ser feita através de um potenciômetro (baixa precisão) ou um detector de deslocamento tipo LVDT (Transformador diferencial com variação linear). Este detector tem um funcionamento simples, funciona através da alteração do comprimento de bobinas internas gerando uma corrente que é medida. São utilizados três enrolamentos fixos, alinhados, sendo aplicada uma alimentação no central, os dois outros estão em série, mas com os terminais invertidos, de modo que as tensões se subtraem. Quando o núcleo fica na posição central, a tensão induzida nos dois enrolamentos é igual. Porém ao se deslocar o núcleo, o acoplamento entre o enrolamento central e cada um dos outros varia, e as tensões não se cancelam, resultando uma tensão de saída cuja fase é diferente, conforme o núcleo penetre mais numa ou outra bobina. O LVDT é usado em posicionadores de precisão, desde frações de mm até dezenas de cm. É usado em máquinas ferramentas, CNC e robôs industriais.

O Sistema de varetas funciona com quatro ou mais varetas fixas ao corpo do protótipo e dispostas a 90° entre elas, como pode ser visto na figura 21. Seu

funcionamento correto depende da centralização das varetas em relação ao tubo, essa pode ser considerada a maior dificuldade encontrada por essa solução. Com todas elas centralizadas é possível verificar se o tubo possui ovalização em sua estrutura. Podendo também ser conhecido o local dessa variação e a gravidade dessa deformação utilizando-se da movimentação das mesmas.

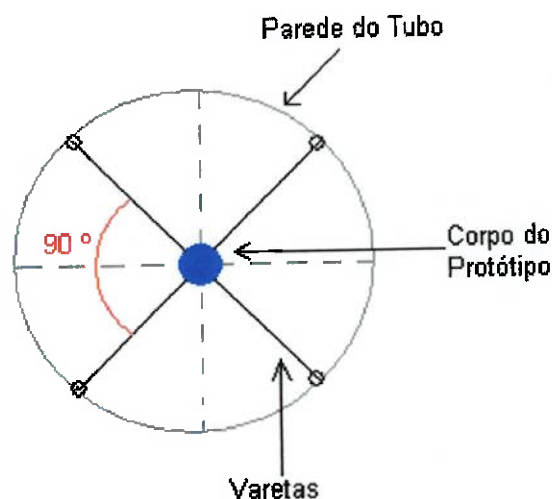


Figura 21 – Esquema de posicionamento das varetas

Esse sistema possui a vantagem de ser de fácil montagem e baixo custo se comparado aos sistemas eletrônicos. Os únicos custos envolvidos na fabricação seriam os materiais dos quais a vareta é feita (no caso, o mesmo material do corpo do protótipo). Além disso, esse sistema pode ser adaptável a diferentes tipos de tubos, pois as varetas podem ter seus tamanhos alterados em função do diâmetro da tubulação.

No entanto é necessário verificar que podem ocorrer problemas neste tipo de medição. A durabilidade do sistema não é alta, podendo haver quebras ou dobras nas varetas, isso obrigaria a suas trocas regulares para não comprometer as medições. Outro problema, já citado anteriormente, é manter a centralização das varetas na tubulação durante todo o percurso. Conforme o carro se movimenta podem ocorrer variações na posição das mesmas, o que nos trariam resultados e medidas não condizentes com a realidade. Devido a estes problemas pode-se considerar que a precisão destas medidas é muito baixa, não sendo muito confiáveis devido aos diversos parâmetros dos quais elas dependem.

Além disso, os rejeitos internos, que não saíram com a limpeza da tubulação, podem ser vistos pelas varetas como variações do tubo, quando na verdade não o são. Para isso é necessário que o operador verifique através das câmeras de filmagem onde existem rejeitos que não foram retirados, para que estes não influenciem nos resultados.

3.3.2.2 Sistema de gabarito (molde passa ou não passa)

A idéia principal desta solução é bem simples. Sabendo o diâmetro interno da tubulação inspecionada, fabrica-se um molde com estas especificações. Este molde é utilizado como um gabarito que só passará pela tubulação caso não haja deformações ou ovalizações em seu interior. Caso o gabarito não consiga passar por um determinado local da inspeção, conclui-se que ali existe uma falha que deve ser verificada.

Esta solução possui a vantagem de ter uma fabricação simples, os moldes podem ser feitos de materiais de fácil manipulação e baixo custo, como PVC. Desta forma sua montagem se torna simples e os custos menores. Não necessita de preocupações com a centralização, já que o gabarito encaixa perfeitamente na tubulação.

A grande desvantagem desta solução está na sua verificação dos resultados, isso porque, é possível verificar através deste sistema apenas se existe ou não uma ovalização de diâmetro na tubulação, no entanto não é possível saber a gravidade desta variação, o que não atende a necessidade inicial do projeto.

Outro problema encontrado é a diversidade de tamanhos de tubos que existem, isso obrigaria a fabricação de inúmeros moldes diferentes. Além disso, assim como o sistema de varetas, o sistema de gabaritos pode ser bloqueado por rejeitos internos a tubulação, o que levaria a erros nas medições.

3.3.2.3 Sistema de dispositivo tipo guarda chuva

Este dispositivo é composto de aros de aço que se abrem até entrar em contato com a parede do tubo, seu funcionamento se assemelha aos guarda chuvas utilizados normalmente. A abertura do dispositivo é feita através de molas que empurram os aros até as paredes da tubulação. Conforme ocorre a alteração no

ângulo de abertura dos aros é possível saber se houve variação no diâmetro da tubulação.

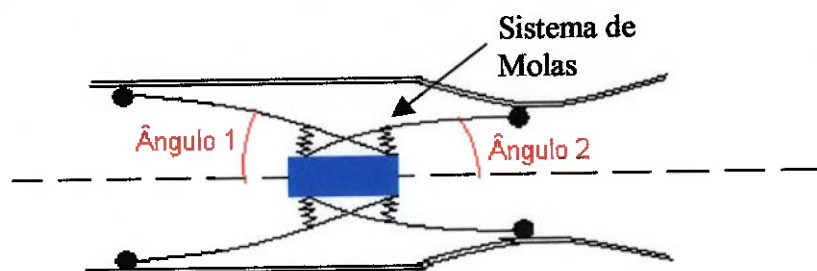


Figura 22 – Esquema do sistema tipo Guarda-Chuva

Assim como o sistema de varetas esse sistema funciona com quatro ou mais aros fixos ao corpo do protótipo e dispostos a 90° entre eles. Seu funcionamento correto depende da centralização dos aros em relação ao tubo. Pode-se ver o desenho esquemático na figura 22.

A medição desta variação pode ser feita através de um detector de deslocamento tipo LVDT assim como a solução para varetas ou por um transdutor de resistência. O transdutor de resistência é um dispositivo eletromecânico que converte o movimento do eixo em uma variação de resistência elétrica proporcionando uma saída padronizada de corrente que é medida e fornecida com uma precisão de $\pm 1\%$

A vantagem desta solução é que ela se adapta a qualquer diâmetro de tubulação, além disso pode fazer medições mais precisas do que as anteriores.

A montagem deste dispositivo possui uma dificuldade maior do que os dispositivos mecânicos citados, isso porque os aros devem ser fixos de forma correta para não haver erro nas medições, além disso as molas devem ser bem calculadas para que o dispositivo se adapte em qualquer diâmetro de tubulação. Os custos de construção assim como o sistema de varetas estão apenas nos materiais dos aros, que são fabricados do mesmo material do corpo do protótipo (aço inoxidável).

A maior dificuldade deste sistema é assegurar a centralização do corpo do protótipo, onde estão fixos os aros. Devido à movimentação do protótipo a centralização pode ser comprometida e com isso a medição também será. Outro problema é a fragilidade da montagem. Podem ocorrer quebras ou avarias nos aros que irão comprometer as medições.

Também é importante ressaltar que esta solução não se adapta aos problemas já mencionados anteriormente sobre os rejeitos internos da tubulação, que podem ser vistos pelos aros como variações do tubo, quando na verdade não o são. Para isso é necessário, assim como no sistema de varetas, que o operador verifique através das câmeras de filmagem onde existem rejeitos que não foram retirados, para que estes não influenciem nos resultados.

4 DEFINIÇÃO DO PRODUTO ^(FO/RF)

Para a definição final do produto será apresentada uma matriz de decisão comparando as possíveis soluções, dando maior importância ao custo e funcionalidade.

As possíveis soluções foram avaliadas em função de cinco fatores: Custo, atendimento a necessidade, manutenção, construção e operacional. Foi dada uma “nota” (de 1 a 5) avaliando a eficiência das soluções com relação a cada fator. Quanto maior for a nota, melhor será o resultado.

Custo: Um dos itens de maior importância (peso 3) já que o objetivo é construir um equipamento que seja economicamente viável.

Atendimento a Necessidade: Principal item (peso 4), indica se a solução apresentada resolve o problema.

Manutenção: É um fator importante (peso 2), indica se será necessária a manutenção constante do sistema

Construção: Outro fator importante (peso 2), pois lista a facilidade de construção e configuração do sistema.

Operacional: Outro fator que também deve ser considerado e a facilidade de operação da solução, pois o equipamento será utilizado por pessoas que não participaram no desenvolvimento da solução.

Como se vê na matriz de decisão(tabela 2), as alternativas com maior pontuação foram:

- Tração – Rodas com tração manual (cabos)
- Posicionamento da câmera – Móvel com ajuste manual
- Tipo de Câmera – Subaquática (a prova d’água)
- Movimentação da câmera – Fixa
- Transmissão de Sinal – Cabos
- Medição – Através da Filmagem

Tabela 2 – Tabela de decisão

		Custo	Atendimento às necessidades	Manutenção	Construção	Operacional	Total
	Peso	(3)	(4)	(2)	(2)	(1)	-
Tração	Rodas (manual)	4	4	4	4	3	47
	Prancha	5	1	3	5	3	38
	Esqui	3	2	2	3	2	29
	Rodas (Mecânico)	2	5	3	3	4	42
	Esteira	1	5	2	2	5	36
Posicionamento da Câmera	Fixa	4	1	5	5	5	41
	Manual	3	4	4	3	4	43
	Mecânico	2	5	2	1	4	36
Câmera	Normal	5	3	2	-	4	35
	Micro-Câmera	3	3	2	-	3	28
	Sub-aquáticas	2	5	4	-	4	38
Movimentação	Fixa	5	3	4	4	5	48
	1 Grau de Movimentação	4	4	3	3	4	44
	2 Graus de Movimentação	2	4	3	2	3	35
Transmissão do sinal	Cabos	4	4	3	4	2	44
	Telemetria	2	3	4	3	5	37
Medição	Medidores de distância	3	4	2	1	2	33
	Filmagem	5	3	4	4	3	46
	Varetas	4	2	3	3	4	36
	Gabarito	2	2	5	2	5	33
	Guarda-chuva	2	2	3	2	4	28

5 PROJETO DO PRODUTO ^(FO/RF)

Nessa etapa do projeto, foi definido o projeto executivo do dispositivo de inspeção, ou seja, o material utilizado, as medidas das peças, de forma a orientar a construção do protótipo, utilizando as informações coletadas e baseado na solução apresentada na matriz de decisão.

Serão apresentados também os resultados de análises, os desenhos e especificações dos componentes.

5.1 Dimensionamento do dispositivo de tração ^(FO)

Como foi apresentado, o sistema de tração teria eixos “reguláveis”, para que o dispositivo possa estar na melhor condição de equilíbrio. Para conhecer a condição de equilíbrio, através do software Working Model, simulamos as mesmas condições em diferentes casos.

Variando o comprimento do eixo, em função do ângulo com a horizontal, e considerando duas condições distintas: uma força lateral, e uma força vertical fora do centro gerando um momento no eixo, realizou-se um mapeamento dos diversos comprimentos do eixo, chegando a seguinte conclusão:

Eixos pequenos, isto é, para ângulos de 10° a 30°, estão mais suscetíveis a deslocamentos laterais, fazendo com que o centro de gravidade não coincida com a linha vertical (0°), podendo ocasionar em casos extremos que o dispositivo “capote”.

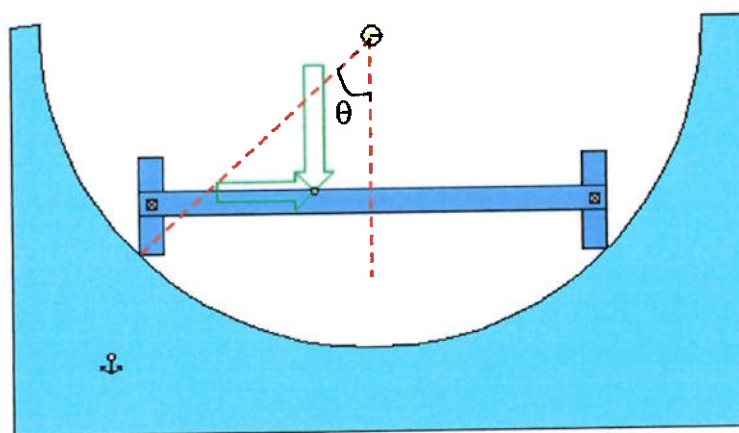


Figura 23 – Simulação comprimento do eixo

Eixos grandes, ou seja, acima de 50°, não tem o mesmo problema de deslocamento horizontal, entretanto são eixos que tem seu valor muito próximo ao diâmetro da tubulação, diminuindo o apoio das rodas. Além disso uma pequena perturbação, que cause uma inclinação no eixo causa uma grande variação na altura de apoio da roda, diminuindo mais ainda a área de apoio da roda. O desenho esquemático de como foi feita a simulação pode ser visto na figura 23.

A partir desses resultados foi definido que o ângulo θ deveria ser aproximadamente 45°. Entretanto, como pode ser visto na tabela 3, isso exigiria um aumento de seu comprimento em 250%.

Tabela 3 – Variação do eixo em função do diâmetro.

Diâmetro do Tubo	Distância entre rodas	Diâmetro do Tubo	Distância entre rodas
400 mm	283 mm	750 mm	530 mm
450 mm	318 mm	800 mm	566 mm
500 mm	354 mm	850 mm	601 mm
550 mm	389 mm	900 mm	636 mm
600 mm	424 mm	950 mm	672 mm
650 mm	460 mm	1000 mm	707 mm
700 mm	495 mm		

Além disso, outro fator agravante é a carga que o eixo está sujeito, pois o peso dos componentes tende a causar uma flexão no eixo, que poderia desalinhar os encaixes das partes móveis.

Dados estes fatores foi decidido que seriam utilizados 3 eixos distintos de comprimentos intermediários, que pudessem ser utilizados em uma faixa de diâmetros sem problemas e com facilidade de montagem e desmontagem, assim os eixos foram definidos conforme a mostra a tabela 4 e a figura 24.

Tabela 4 – Definição dos eixos

Diâmetro do Tubo	Distância entre rodas
400mm a 550mm	260 mm
600mm a 750mm	410 mm
800mm a 1000mm	560 mm

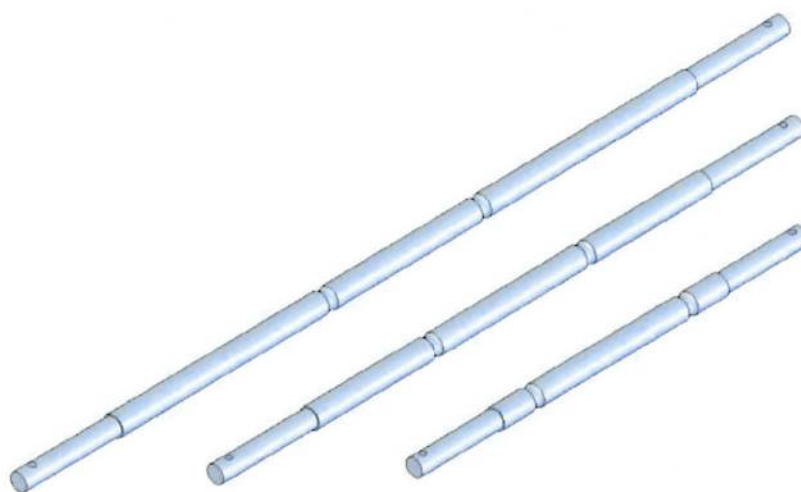


Figura 24 – desenho dos 3 eixos

Definido o comprimento do eixo, era preciso definir como seria feito o posicionamento para que o eixo estivesse centralizado, e como ele estaria fixo ao dispositivo, de uma forma fácil de montagem.

Tendo estudado as diversas soluções possíveis, a melhor solução foi a fixação por atrito, utilizando um grampo de cabo de aço para impedir que esse eixo gire e que fique fixo a base. E o problema de localização, foi resolvido com a inclusão de um rebaixo no eixo, como podemos ver nas figuras 25 e 26.

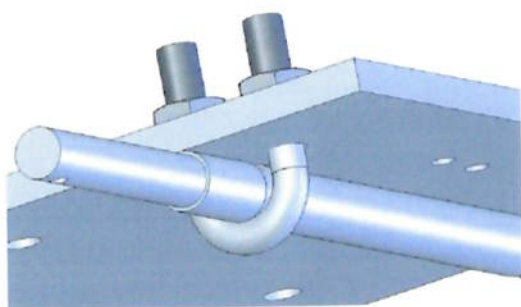


Figura 25 – encaixe eixo base

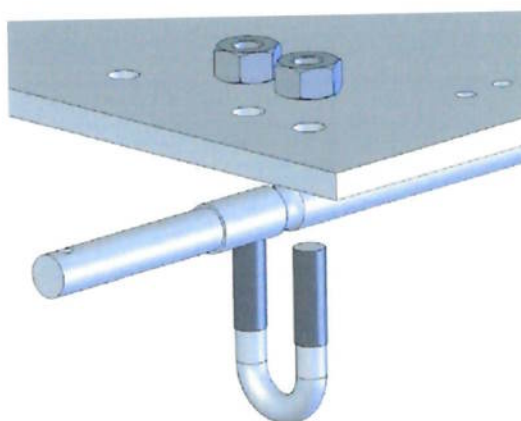


Figura 26 – encaixe explodido

O eixo adquirido é de Aço ABNT 1045 retificado, que tem boas propriedades mecânicas e já possui uma boa cilindricidade.

5.2 Dimensionamento das rodas e sistema de posicionamento da câmera ^(FO)

Tendo o comprimento dos eixos foi possível calcular a distância entre o eixo e o centro do tubo. O objetivo é centralizar a câmera, devidos aos fatores já apresentados no item 3.1.6.

Primeiramente foi definido o máximo diâmetro de roda que poderia ser utilizada para cada eixo, para a situação em que o sistema de movimentação da câmera estivesse na posição 0. Isto porque é preferível como já apresentado que o centro de gravidade esteja o mais baixo possível.

Com isso foram obtidos os valores de diâmetro externo de roda de 4", 9" e 15". Com esses valores de rodas, o máximo que o dispositivo precisaria levantar a câmera seriam 12,5cm.

Devido a diversos fatores; como preço, disponibilidade e peso da roda de 15"; será utilizada apenas as rodas de 4" e 9" de borracha. Deste modo, o máximo que o dispositivo precisaria levantar a câmera são 20cm o que é um valor baixo, menor até que o diâmetro da roda maior. Na tabela 5 é possível visualizar as alturas projetadas do dispositivo para os determinados diâmetro.

Tabela 5 – Altura do mecanismo de posicionamento da câmera

Diâmetro do tubo	Diâmetro da roda	Altura do mecanismo
400 mm	4"	0 mm
450 mm		30 mm
500 mm		60 mm
550 mm		87 mm
600 mm	9"	10 mm
650 mm		40 mm
700 mm		70 mm
750 mm		100 mm
800 mm		85 mm
850 mm		115 mm
900 mm		145 mm
950 mm		174 mm
1000 mm		202 mm

Como as rodas têm diferentes diâmetros internos, o eixo foi usinado na medida da roda menor e para que a roda maior pudesse girar livre foi introduzido um tucho como mostra a figura 27.



Figura 27 - Vista explodida das rodas de 4" e 9"

Como apresentado, o mecanismo deve ficar fixo em diferentes alturas, na maioria dos casos abaixo de 100 mm, sendo assim, foi definido que a câmera será presa a uma base menor, e essa base menor estará guiada por quatro barras roscadas, e a altura poderá ser ajustada com os parafusos, permitindo assim que ela possa ficar fixa em qualquer posição como mostra a figura 28. As bases superior e inferior serão feitas de alumínio, pois diminuem o peso da estrutura.

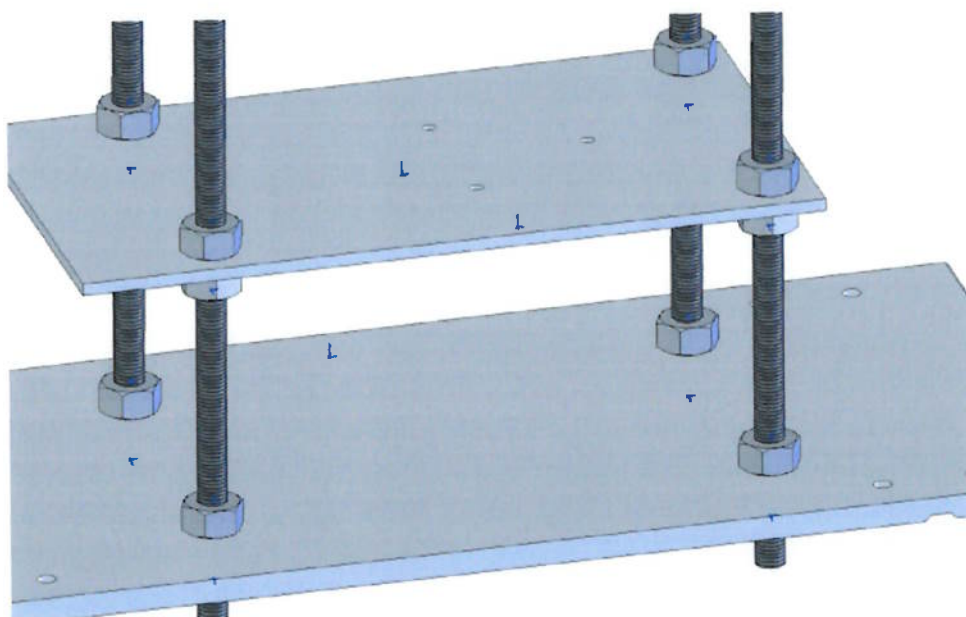


Figura 28 - Detalhe do Mecanismo

5.3 Sistema de filmagem e aquisição de dados ^(RF)

O sistema de filmagem é composto por uma câmera a prova d'água, conforme resultado obtido na tabela 2, um desenho da mesma pode ser visto na figura 29. Devido à baixa iluminação encontrada nos locais de utilização do dispositivo a câmera possui um sistema de captação de imagens via infra-vermelho, dessa forma caso ocorram problemas com a iluminação é possível continuar com a inspeção. A fonte de alimentação da câmera é de 12 V e sua resolução é de 380.000 linhas.



Figura 29 – Câmera

O sistema de aquisição de dados foi feito por cabos axiais ligados à câmera e a uma placa de captura instalada em um computador. Além dos dados esses cabos são utilizados também para transmissão de energia que permite o funcionamento da câmera.

Depois de adquiridos os dados são armazenados no computador em formato de vídeo (.avi) ou figura (.jpg, .bmp), conforme a necessidade do usuário. Para o protótipo específico é utilizado o formato de vídeo, pois possui uma visualização em tempo real do que está ocorrendo dentro da tubulação inspecionada. Um software próprio da câmera foi instalado no computador para facilitar o manuseio das imagens adquiridas.

5.4 Sistema de iluminação ^(RF)

O sistema de iluminação foi projetado conforme especificações encontradas em outros protótipos existentes no mercado. Composto por uma lanterna e com alimentação de energia própria esse sistema não requer cabos para transmissão, o que reduz custos e facilita o transporte. No entanto foi necessário adquirir pilhas recarregáveis extras para evitar que o dispositivo desligue durante a vistoria. A potência utilizada pela lanterna é de 60 Watts. Para o caso de utilização de câmera infra-vermelha esse sistema torna-se dispensável.

5.5 Sistema de medição ^(FO)

O sistema de medição é composto por uma base que sustenta o apoio do laser e que permite o ajuste no plano vertical. O apoio do laser é composto por um furo onde passa uma barra roscada que controla a inclinação do apoio, e essa inclinação pode ser medida facilmente. Esse sistema pode ser visto nas figuras 30 e 31.

O apoio possui dois furos simétricos, onde são acoplados os pointers de laser de forma que eles fiquem alinhados. O laser não tem uma trava automática, e sim um pino sobressalente que deve ser travado para funcionamento. Para esse travamento serão utilizados anéis de borrachas que pressionarão o pino durante utilização.

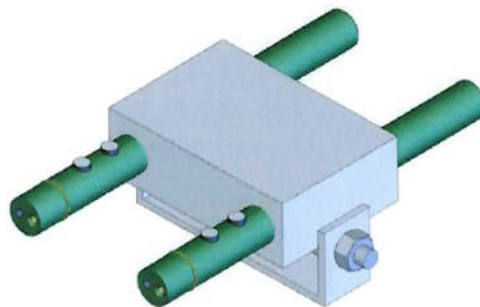


Figura 30 - Conjunto laser

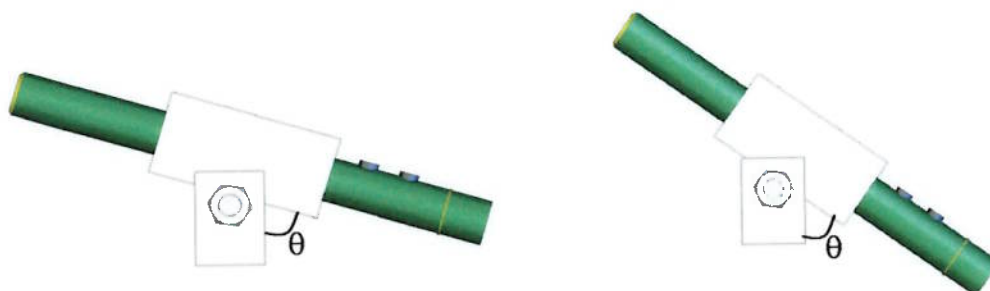


Figura 31 – Controle inclinação laser

6 AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES E MONTAGEM ^(FO/RF)

Baseado no projeto do produto iniciou-se a fase de aquisição de algumas peças e equipamentos necessários para a montagem do protótipo. Alguns equipamentos mais sofisticados foram adquiridos já montados, outros foram modificados conforme as especificações de projeto. Tendo em mãos todas as peças necessárias para o funcionamento do protótipo iniciou-se a montagem do dispositivo.

Neste capítulo são apresentados todas as peças e equipamentos adquiridos durante o projeto, bem como as modificações feitas nos mesmos visando uma melhor adequação ao que foi estabelecido no projeto inicial. São apresentados também os processos utilizados durante a montagem e o seu resultado final.

6.1 Aquisição de componentes ^(FO/RF)

6.1.1 Dispositivo de tração e posicionamento da câmera

Para o funcionamento do dispositivo de tração e do posicionamento da câmera são necessárias diversas peças, dentre elas tem-se as bases do protótipo e da câmera, as rodas, os eixos, as barras roscadas e as fixações. Além disso são necessários cabos para movimentar o equipamento.

O sistema de tração do protótipo é manual e funciona através de cabos que são fixos a estrutura do dispositivo. Esses cabos devem passar por dentro da tubulação para então serem puxados pelos operadores; essa passagem inicial dos cabos pela tubulação pode ser feita de duas formas: Utilizando-se de uma vareta semi-rígida condicionada a um carretel de transporte limitado a extensão de 70 metros, esse equipamento pertence à empresa Videosan e foi disponibilizado pela mesma para testes sem qualquer custo. Para tubulações maiores do que 70 metros torna-se necessária a utilização de um equipamento de Hidrojateamento (caminhão de hidrojato sem limites de extensão) que pode ser alugado com a própria empresa.

Para as bases foram adquiridas duas placas de alumínio de dimensões de 8mm x 180mm x 400mm para o protótipo e de 4mm x 130mm x 240 mm para apoio da câmera (Figura 32). As placas foram adquiridas de forma bruta a um custo total de R\$ 55,00 e as suas modificações, como furos e encaixes para fixações, assim como

das outras peças (eixos, apoio do laser, etc) foram feitas em uma empresa contratada, devido à necessidade de precisão nas atividades.



Figura 32 – Placas brutas de alumínio para base do protótipo e da câmera.

As rodas adquiridas foram modelos de 4 e 9 polegadas de diâmetro cujo fabricante é Schioppa, os códigos dos modelos são R916TPN e 414SPN respectivamente. As duas rodas são emborrachadas para evitar escorregamento do protótipo dentro da tubulação (figura 33). Para cada um dos modelos foram compradas quatro rodas a um custo de R\$ 20,00 por roda de 9 polegadas e R\$ 8 por roda de 4 polegadas.



Figura 33 – Rodas de 4 e 9 polegadas

Os eixos e barras roscadas foram comprados em tamanhos padronizados a um custo de R\$ 3,80 a barra roscada de 3/8 e R\$ 40,00 por 3,15 m de aço para o eixo. Ambos foram cortados conforme os tamanhos estipulados no projeto do produto e podem ser vistas na figura 34. Para os eixos foi necessário também a usinagem das pontas para o encaixe das rodas e dos rebaixos para auxiliar na fixação do mesmo com a base de alumínio, além de furos para as travas das rodas.



Figura 34 - Barras ainda não usinadas

6.1.2 Sistema de filmagem e aquisição de dados

O Sistema de filmagem conta com três partes principais: A câmera, os cabos de transmissão e a placa de captura. Além desses três componentes é necessário também um computador para armazenamento e visualização das imagens capturadas. Para isso foi utilizado um computador do laboratório de produto do Centro de Automação e Tecnologia do Projeto (CAETEC) da Escola Politécnica onde se instalou o software e a placa de captura.

A câmera adquirida foi a AVC 30 TR e teve um custo de R\$ 410,00 (figura 35). A placa de captura utilizada é da marca Topway modelo IN 100 4/30 IPS e teve um custo de R\$ 575,00.

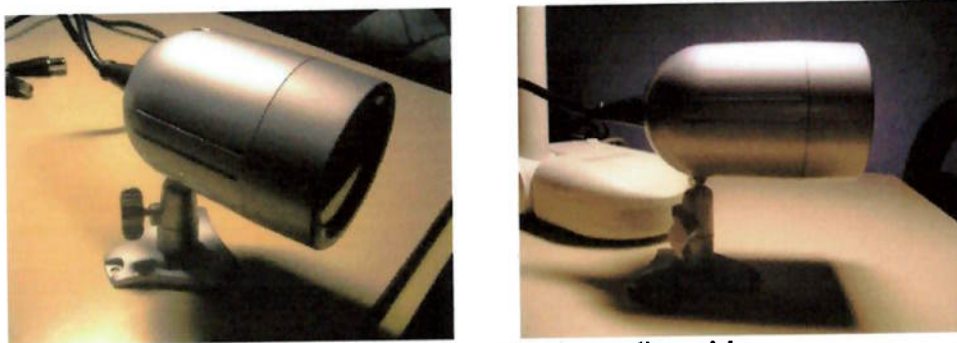


Figura 35 – Câmera utilizada no dispositivo

Para a transmissão dos dados foi adquirido um cabo axial que funciona ligado à câmera e à placa de captura instalada no computador. Além dos dados esse cabo é utilizado também para transmissão de energia que permite o funcionamento da câmera. Esse cabo tem um custo de R\$ 67,00 por 100 metros e possui quatro conectores de entrada de vídeo e energia que podem ser vistos na figura 36. Os conectores têm um custo médio de R\$ 3,50 por unidade.

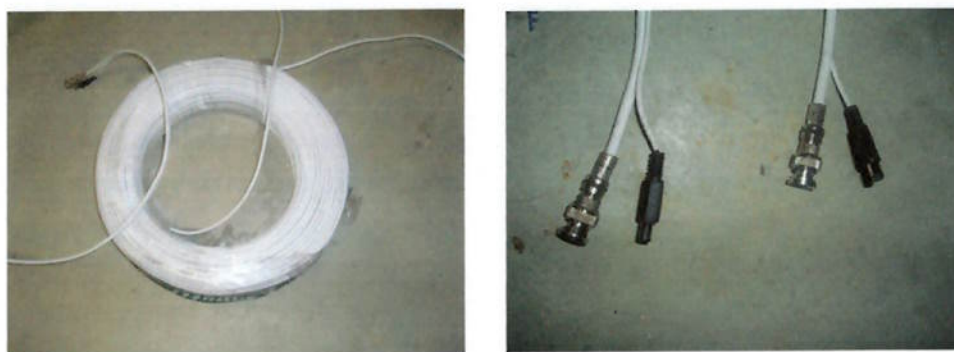


Figura 36 – Cabo e conectores de vídeo e força.

Para o funcionamento dos equipamentos elétricos é necessária uma fonte de energia de 110 V e corrente alternada. Como na maioria dos casos os locais de inspeção são isolados e não possuem qualquer tipo de fonte de energia nas proximidades, torna-se necessária a obtenção de um gerador portátil de corrente elétrica. Para isso é utilizado um gerador à gasolina montado em uma unidade móvel de inspeção. Esse gerador pertence à empresa Videosan, que se dispôs a emprestá-lo para alguns testes iniciais.

Depois de adquirido todo o sistema foi necessário testar o equipamento. Para isso foi feita uma pré-montagem do sistema visando verificar qualquer defeito de fabricação dos componentes. A placa foi instalada no computador e teve os cabos conectados conforme a figura 37.



Figura 37 – Teste inicial de conexão

A câmera foi ligada a uma fonte transformadora de 110 V em 12V e a imagem captada simulava uma tubulação com pouca luz e também sem nenhuma luz, visando verificar a capacidade de filmagem do infravermelho, os resultados obtidos foram condizentes com o esperado.

6.1.3 Sistema de medição

Para o sistema de medição foi necessária a compra de dois lasers que são utilizados como pontos de referencia na medição da câmera. Na figura 38 é possível visualizar uma foto do laser. O preço de cada um deles foi de R\$ 19,90.

Como especificado no projeto o laser adquirido funciona pilhas recarregáveis próprias, não sendo necessário a ligação com uma fonte externa.

Para o encaixe deste equipamento no carro foi necessária a construção de uma peça usinada em alumínio e fixações da mesma com a base do protótipo.



Figura 38 – Foto do laser e suas pilhas

6.2 Montagem ^(FORP)

A montagem do equipamento foi feita conforme as especificações descritas no projeto do produto. Os resultados finais de projeto são os protótipos montados conforme as figuras 39, 40 e 41. Definido como seriam feitas as peças foram gerados os desenhos para usinagem. Os desenhos estão no anexo 2.

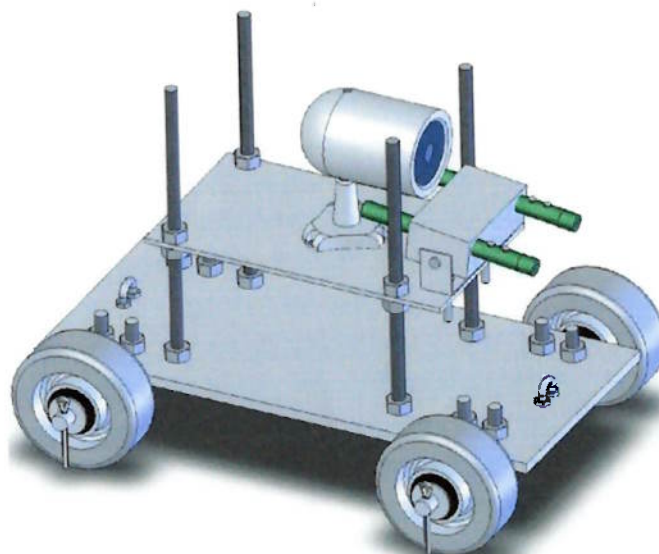


Figura 39 – Sistema com eixo menor

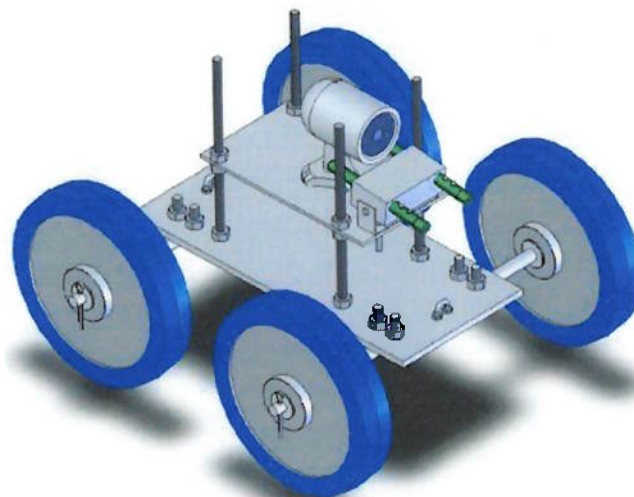


Figura 40 – Sistema com eixo médio.

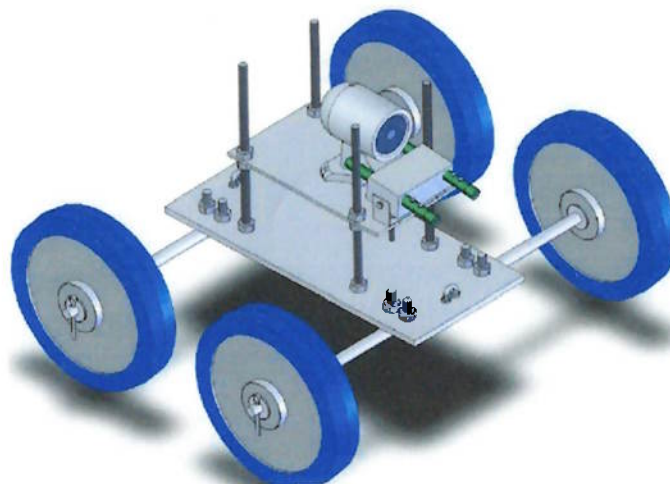


Figura 41 – Sistema com eixo maior.

Com as peças usinadas, foi possível fazer a montagem do sistema como pode ser visto na figura 42. As peças foram feitas em uma empresa de usinagem por precisão que garantiu o alinhamento das partes com o custo de 130,00 reais.

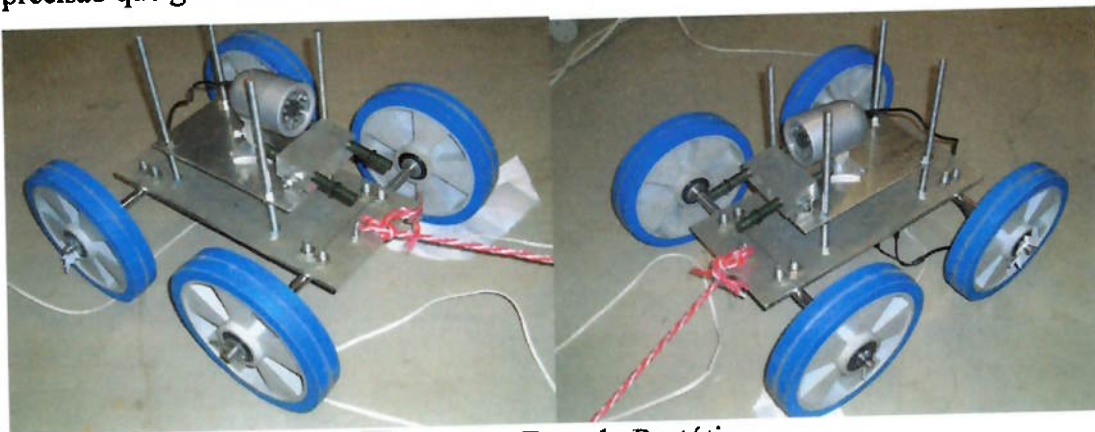


Figura 42 – Foto do Protótipo

Também foi possível conferir o valor correto das alturas do sistema e foi feita uma planilha em Excel, que através da entrada de alguns dados (eixo, roda), dá a resposta da altura do centro da câmera em relação ao solo, e a distâncias entre as base, para auxiliar a montagem, além do ângulo que será feito do eixo com o tubo de modo que o operador sempre escolha um eixo que esteja entre 30° e 50° como foi explicado no item 5.1. O desenho esquemático dessa tabela pode ser visto na figura 43.

Além disso pode-se ver os limites de utilização do sistema, que vai de diâmetros de 360mm a 1020mm. O limite mínimo ficou inferior ao de projeto porque existe a possibilidade de colocar o eixo na parte de cima da base, para os diâmetros menores caso haja necessidade, o que não é aconselhável, já que o esforço, apesar de pequeno, fica aplicado direto no eixo.

Diâmetro do tubo <input type="text" value="700"/> mm		Alturas Centro da câmera - Chão <input type="text" value="291,86"/> mm Entre placas <input type="text" value="64,16"/> mm
Roda <input type="radio"/> 4 polegadas <input checked="" type="radio"/> 9 polegadas	Ângulo no tubo <input type="text" value="35,85"/> °	
Eixo <input type="text" value="Medio"/>		
Eixo <input type="text" value="Em baixo"/>		

Figura 43 – Software de montagem

6.3 Resumo dos gastos

Como um dos objetivos do trabalho é ser economicamente viável, os gastos totais do projeto estão resumidos na tabela 6.

Apesar de ser um valor alto, é bem inferior a equipamentos oferecidos pelo mercado por sistemas que, além de filmar, ainda conseguem fazer algumas medições na parede, também através da tecnologia de laser, como oferecido pela empresa Everest Vit.

Tabela 6 – Resumo dos gastos

Quantidade	Equipamento	Preço por unidade(R\$)	Preço total (R\$)
04	Rodas de 4" Schioppa 414SPN	8,00	32,00
04	Rodas de 9" Schioppa R916TPN	20,00	80,00
01	Placas de Alumínio	55,00	55,00
3,15m	Aço 1045 retificado diam.15mm	13,00	40,00
01	Câmera AVC 30 TR	410,00	410,00
01	Placa de captura Topway IN100 4/30 IPS	575,00	575,00
01	Usinagem dos componentes	130,00	130,00
100m	Cabo axial	0,67	67,00
2	Laser	20,00	40,00
1	Cabo de Nylon	57,00	57,00
1	Outros componentes	80,00	80,00
Total			1.566,00

7 TESTES FINAIS EM LABORATÓRIO ^(FO/RF)

7.1 Testes em laboratório ^(FO/RF)

É importante fazer testes iniciais em laboratório para a correção dos erros que podem vir a prejudicar o andamento das inspeções durante uma filmagem em campo. Os testes descritos neste capítulo foram elaborados com o intuito de simular a maioria das situações que podem ser encontradas em uma inspeção, assim como encontrar os erros existentes e buscar as modificações necessárias para correção dos mesmos.

Os testes de laboratório tiveram início assim que a montagem do protótipo foi finalizada. Para isso instalou-se no laboratório uma tubulação de dimensões próximas à média das encontradas em campo. A empresa Aqueduto forneceu esse duto que possui diâmetro interno de 700 mm e comprimento total de 2,86 m, como pode ser visto na figura 44.



Figura 44 – Tubulação instalada no laboratório

7.1.1 Testes de posicionamento da câmera

Estes testes tiveram como intuito verificar o posicionamento da câmera quando esta é submetida a esforços externos e do dispositivo de medição mesmo quando o protótipo é colocado dentro da tubulação em diferentes posições. Para isso foram elaborados três testes: teste de inclinação, teste de posicionamento transversal e teste de vibração.

Teste de inclinação:

Inicialmente foi testado o caso do protótipo entrar na tubulação com uma inclinação (figura 45) e não de forma horizontal como previsto para as medições.

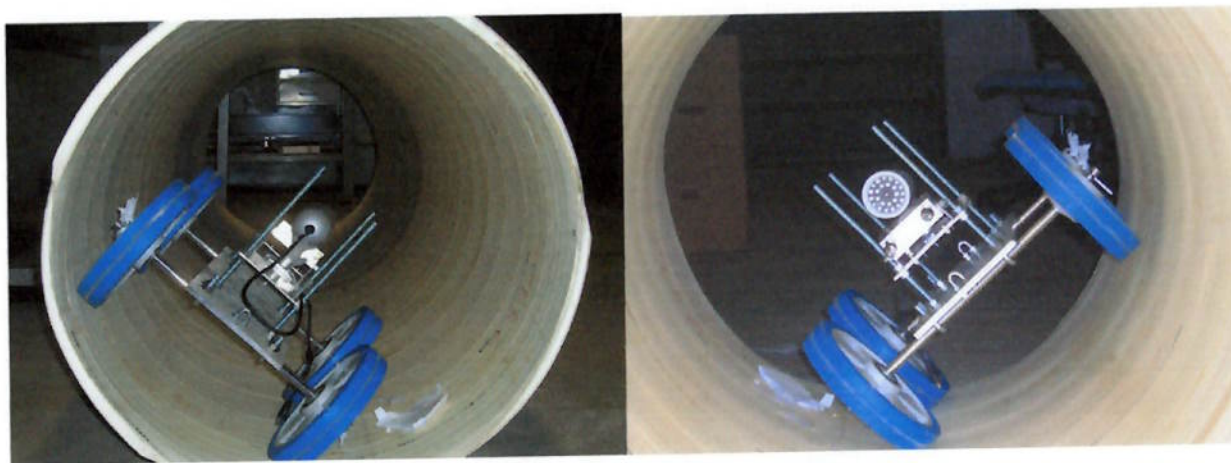


Figura 45 – Protótipo inclinado

O resultado encontrado neste teste foi o seguinte: mesmo ao ser puxado o protótipo mantém sua posição inclinada até o final da inspeção. No entanto essa alteração no posicionamento não interfere na medição (figura 46), pois a câmera se mantém centralizada conforme foi explicado na seção 3.1.3.1 deste trabalho.



Figura 46 – Protótipo inclinado (Câmera)

Teste de posicionamento transversal:

O segundo teste de posicionamento de câmera buscou encontrar falhas na medição para o caso do protótipo ser colocado de forma transversal ao tubo, conforme mostra a figura 47, isso pode ocorrer caso o acesso à tubulação seja difícil e o operador não consiga ajustar o dispositivo de forma correta.



Figura 47 - Protótipo entrando na transversal

Neste teste o resultado obtido esteve conforme o esperado. No momento em que o operador puxa a corda o dispositivo retorna a posição correta, alinhada com tubo, e a filmagem segue sem problemas. Isso ocorre, pois o tamanho dos eixos foi calculado para cada tubulação de forma forçar um alinhamento com o tubo. Os resultados obtidos nestes testes podem ser visualizados nas filmagens feitas em laboratório.

Teste de vibração:

É comum que internamente à tubulação existam oscilações no tubo que podem gerar vibração no protótipo. Essa vibração pode alterar o posicionamento da câmera atrapalhando a medição. O teste de vibração foi feito impondo ao protótipo uma alta velocidade em terrenos com muita oscilação como paralelepípedos e cascalho.

Foi possível verificar que o suporte da câmera não resistia a altas vibrações e acabava fazendo com que a câmera cedesse e dessa forma o campo de visão ficava comprometido. Como melhoria foi proposto um reforço na estrutura do suporte (figura 48). Depois de colocado o reforço o protótipo foi testado novamente e a câmera manteve-se na posição correta.



Figura 48 – Detalhe do reforço no suporte da câmera

7.1.2 Testes de resistência

Durante uma inspeção é normal que existam choques do equipamento contra diferentes tipos de materiais, quedas de alturas variadas e contato com resíduos líquidos. A fim de simular estas condições foram efetuados os teste de resistência a vibrações, choques e quedas e o teste de resistência à água.

Teste de resistência a vibrações, choques e quedas:

Para o teste de vibrações foram utilizados os mesmos formatos dos testes da câmera, protótipo a uma alta velocidade em terrenos com muita oscilação como paralelepípedos e cascalho. Esse teste visou verificar se as fixações e juntas estavam bem montadas para que nenhuma peça se perca durante uma inspeção. Já os testes de choques e quedas foram feitos impondo-se uma velocidade ao protótipo para então pará-lo bruscamente contra diferentes materiais. Os resultados foram satisfatórios e não foi necessária nenhuma mudança no projeto. Foram feitos também testes de capotamento, pois a principal preocupação estava nos equipamentos mais delicados como a câmera e os lasers, que se posicionam na parte superior do dispositivo. Foi possível verificar que, para tubulações de diâmetro abaixo de 900mm, a câmera e os lasers estão bem posicionados, pois as barras roscadas impedem o contato direto destes equipamentos com o chão evitando choques em caso de capotamento. Essa situação pode ser melhor observada na figura 49.

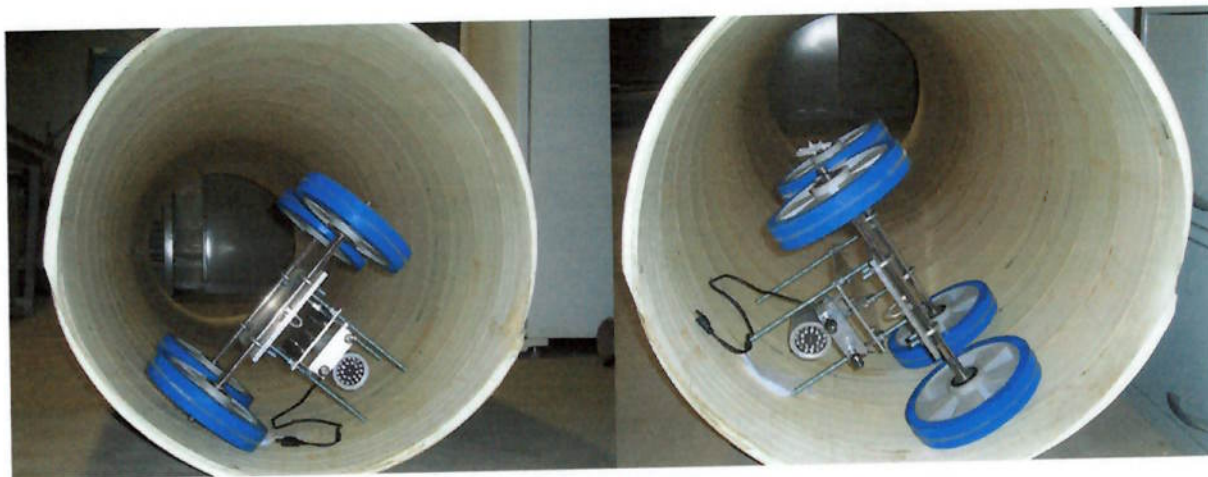


Figura 49 – Protótipo após capotamento

Teste de resistência à água:

Este teste visou exclusivamente verificar se os equipamentos, principalmente os elétricos, e suas vedações estavam condizentes com as condições de umidade que podem ser encontradas no interior de um tubo. Para isso o protótipo foi submetido a pequenos jatos d'água enquanto atravessava a tubulação. Não houve qualquer problema com este teste e os equipamentos foram aprovados.

7.2 Medições ^(FO/RF)

7.2.1 Teste de precisão nas medições

Foram feitos diversos testes, e para todo teste foi gerado um filme em formato .avi. Para cada filme foram retiradas fotos de diversas partes do tubo, não só para avaliar a diferença de um teste para outro, mas também para avaliar as variações no próprio teste.

Como o tubo utilizado para o teste é um tubo novo com diâmetro conhecido (700mm), a avaliação dos resultados foi feita comparando o tubo, através das linhas escuras da marcação do diâmetro interno e o desenho do Software Microstation.

As figuras 50 e 51 que exemplificam um tubo com a maior diferença e um tubo com a menor. Através das avaliações, verificou-se um erro de no máximo 3%. Esse valor apesar de não ser muito alto, pode comprometer na interpretação do resultado, já que a reparação do tubo deve ser feita quando existe uma deformação maior que 10%. Além disso, é um sistema muito sensível, já que ao se escolher um

ponto um pouco deslocado do centro do laser, além de alterar o diâmetro do círculo, vai deslocá-lo do centro, pois esses pequenos erros são ampliados em 6 vezes.



Figura 50 – Tubo com menor diferença



Figura 51 – Tubo com maior diferença

7.2.2 Teste de deformação

Para testar a real necessidade do nosso protótipo que é de medir as deformações na tubulação seria necessário causar uma deformação controlada na tubulação e comparar com o resultado medido pelo equipamento. Devido à dificuldade de se deformar uma tubulação de forma controlada, pois todas elas são

reforçadas e projetadas para suportar elevadas pressões, foi montada no laboratório uma estrutura que, ao ser instalada na parte interna da tubulação, simula uma ovalização do tubo (figura 52). Esta estrutura foi medida e com isso encontrou-se a porcentagem de deformação obtida na experiência, para então se comparar com o que foi obtido durante a medição. Os resultados podem ser observados na figura 53.



Figura 52 – Estrutura de simulação de ovalização

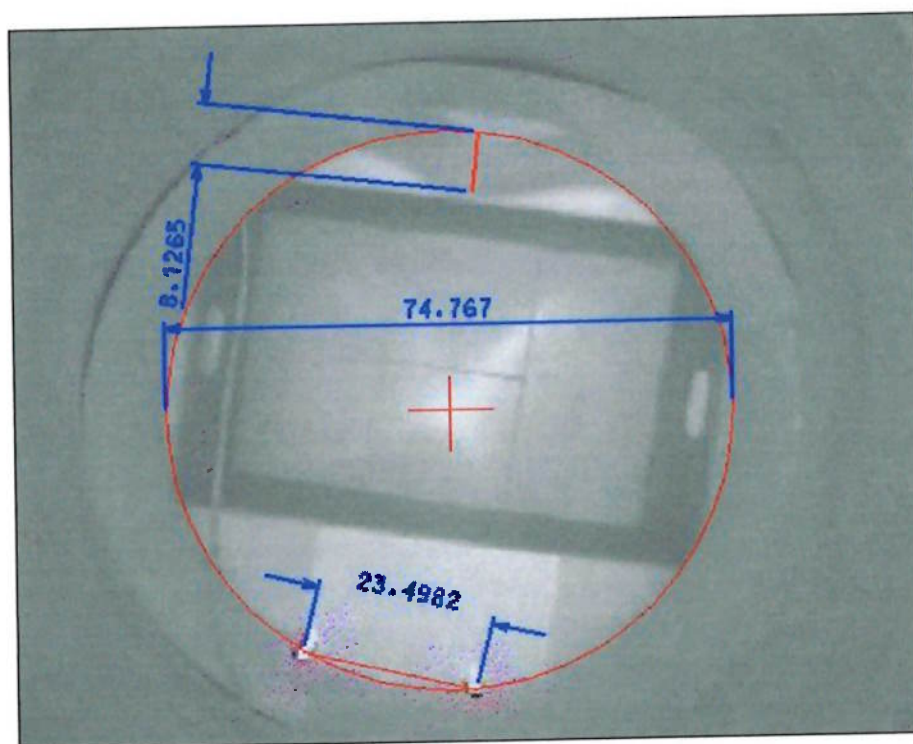


Figura 53 – Tubo com deformação

A distância entre os feixes de lasers é de 22 mm. A partir da medição da distância no desenho conseguimos um referencial para avaliar as outras dimensões. Esses valores podem ser vistos na tabela 7.

Tabela 7 – Resultado da medição

Tabela 7 – Resultado da medição			
	Real	Desenho	Calculado
Distância dos feixes de Laser	220 mm	23,4982	-
Diâmetro da tubulação	700 mm	74,767	-
Deformação	70 mm	8,1265	76,08 mm
Deformação (%)	90,00%	66,6405	89,13%

A partir dos testes internos realizados, os resultados sumarizados na tabela mostram que a medição é confiável, com um erro aproximado de 1%. Como próximo passo é sugerida uma avaliação em campo.

8 PROPOSTAS DE MELHORIAS FUTURAS ^(RF)

Embora o projeto tenha suprido todas as necessidades inicialmente estipuladas, existem ainda melhorias que podem facilitar o manuseio e o transporte do protótipo, assim como existem também alguns testes que poderão gerar bons resultados em otimizações futuras.

Este capítulo tem como intuito descrever algumas destas melhorias e testes para uma possível continuação deste trabalho.

8.1 Melhorias no protótipo

Podem ser feitas algumas modificações no projeto visando garantir maiores facilidades para o operador do dispositivo. Uma delas é a implementação de um sistema de motores com velocidade controlada. Embora o custo seja maior do que o sistema de tração, existem algumas vantagens nesse sistema, umas delas é a velocidade constante, que pode facilitar a filmagem e diminuir o trabalho do operador, que não precisará utilizar cabos para tração. Outra melhoria neste sentido é a implementação de um sistema de transmissão de dados sem fio, que diminui a quantidade de cabos utilizados facilitando a movimentação do protótipo.

Para facilitar o transporte do equipamento até o local de utilização pode ser projetada uma caixa leve e portátil ou mesmo uma simples alça no próprio dispositivo. Esta melhoria é interessante, pois o transporte do protótipo exige algum esforço.

8.2 Propostas de testes futuros

Alguns testes que não foram executados neste trabalho possuem grandes possibilidades de gerar melhorias no protótipo. Dentre eles o mais importante é o teste de filmagem em campo. É necessário ressaltar a importância de se fazer testes em tubulações reais para encontrar outros problemas que poderão aparecer durante uma inspeção. Estes testes exigem uma grande mobilização de pessoas e autorizações específicas de órgãos públicos, além de uma preocupação com a segurança do local.

9 CONCLUSÃO

O início do trabalho foi essencial, pois nele foram apresentadas as necessidades existentes e uma visão geral do problema encontrado nas tubulações enterradas, que se deterioraram com o passar dos anos. Além disso com base na ampla pesquisa de mercado, foi possível identificar os equipamentos comercializados atualmente, e identificar os pontos fortes e fracos de cada equipamento.

A divisão inicial do sistema em vários subsistemas permitiu uma abordagem mais específica e com maior detalhamento de cada item. Dentre as diversas soluções que surgiram, foram utilizadas apenas aquelas que através de uma avaliação da matriz de decisão puderam ser consideradas mais viáveis.

Tendo as soluções escolhidas foi possível iniciar o projeto do produto. Os cálculos das dimensões das peças e os desenhos de conjunto foram importantes para o início da aquisição dos componentes.

A fase de aquisição de componentes foi bastante trabalhosa, pois exigiu um busca por diversos fornecedores para cada material e equipamento, sempre visando uma melhor qualidade do produto final.

Após a aquisição dos componentes teve início a fase de montagem que foi finalizada conforme o cronograma inicial, esta fase exigiu um conhecimento dos ferramentais e processos de fabricação que foram utilizados. Durante a montagem aconteceram os testes iniciais com os equipamentos em separado para então ter início os testes em laboratório. A etapa de testes laboratoriais foi extremamente importante para o andamento do projeto, pois através dela foi possível encontrar os erros e defeitos que não foram visualizados no projeto inicial, além disso, em paralelo a esta etapa ocorreu a fase de otimização do dispositivo, isto é, foram feitas diversas alterações visando a correção dos erros conforme os mesmos eram observados. Este trabalho de testes em paralelo às modificações geradas contribuiu de forma importante para a melhoria do projeto.

Como um todo o trabalho seguiu sempre conforme o programado e todas as necessidades estipuladas no início foram supridas. Devido a grande abrangência de formas e possibilidades de se elaborar um projeto como este se tornou necessário abordar o tema de melhorias futuras visando uma possível continuação do mesmo. Estas melhorias foram citadas apenas como idéias que poderão ser implementadas em futuros trabalhos.

10 BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA – ABRATT, São Paulo. Representante oficial no Brasil na International Society for Trenchless Technology (ISTT). Disponível em <<http://www.abratt.org.br>>. Acesso 22 de abril de 2005

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo. Apresenta os projetos de saneamento na cidade de São Paulo. Disponível em <http://www.sabesp.com.br/o_que_fazemos/projetos_especiais/projeto_tiete/index.htm> Acesso em: 15 de abr. de 2005.

CUES INC, EUA, Fabricante de componentes para inspeção tubular. Disponível em <<http://www.cuesinc.com>>. Acesso 10 de abril de 2005

ISTT - INTERNATIONAL SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY, Londres. Associação internacional de recuperação de tubos sem destruição superficial. Disponível em <<http://www.istt.com>>. Acesso 06 de maio de 2005

TRENCHLESS BUYER'S GUIDE, Ohio. Guia da Revista Trenchless Technology que lista todos os fabricantes de equipamentos para inspeção. Disponível em <<http://www.trenchlessbuyers.ims.ca/>>. Acesso 08 de maio de 2005

TRENCHLESS TECHNOLOGY, Ohio. Revista on-line especializada em recuperação de dutos. Disponível em <<http://www.trenchlessonline.com>>. Acesso 08 de maio de 2005

ANEXO 1 – Características de aplicações de rodas

CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÕES DE RODAS

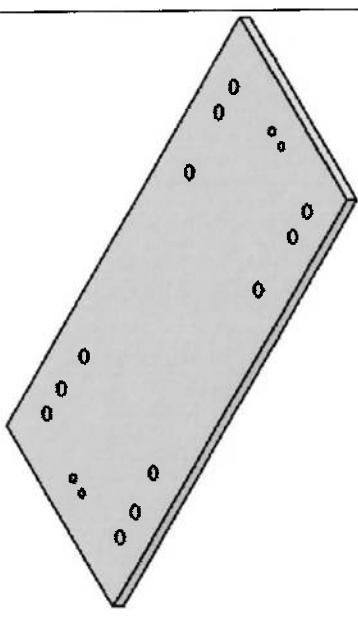
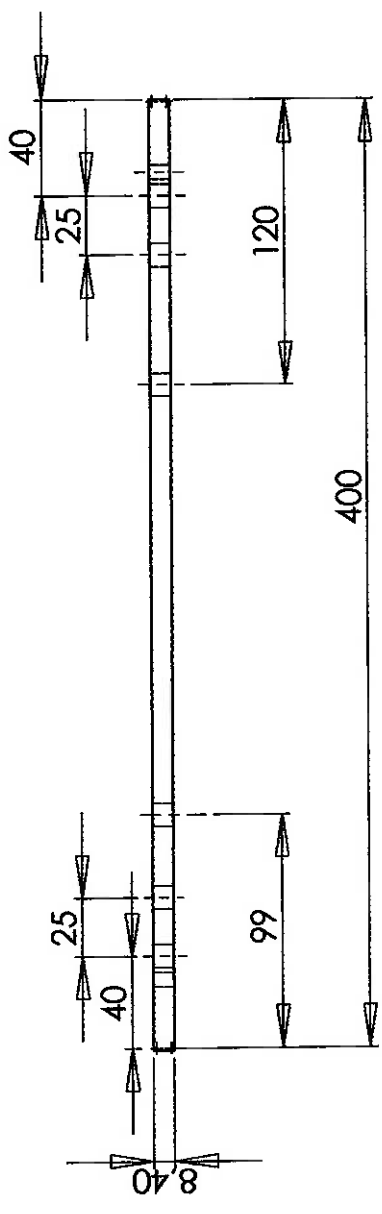
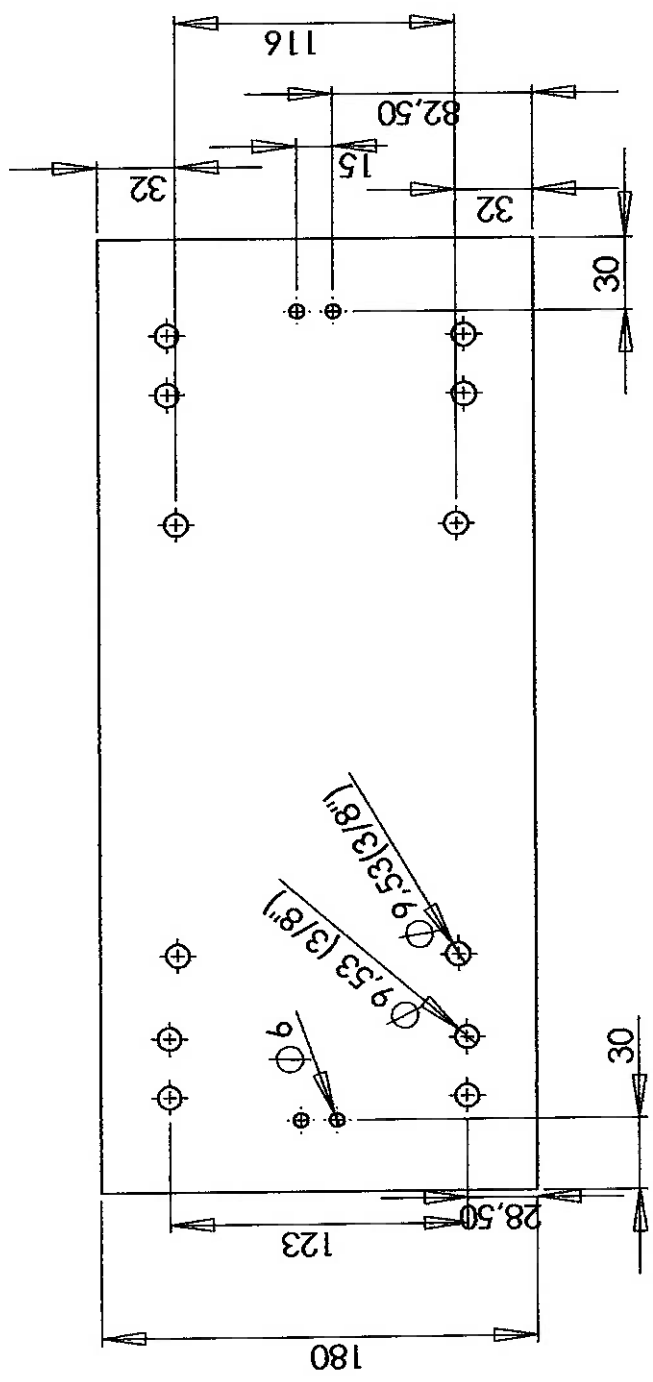
WHEEL APPLICATION CHARACTERISTICS / CARACTERÍSTICAS DE APLICACIONES DE RUEDAS

CÓDIGO DA RODA		MATERIAL DA BANDA DA RODA	
WHEEL CODE / CÓDIGO DE LA RUEDA		WHEEL TREAD MATERIAL / MATERIAL DE LA BANDA DE LA RUEDA	
BP PP JP	Termoplástica	Thermoplastic	Termoplástica
UP UN	Poliuretano Termoplástico	Thermoplastic Polyurethane	Poliuretano Termoplástico
UM	Madeira com anel de Poliuretano	Wood with Polyurethane ring	Madeira com anillo de Poliuretano
UF UR UX UY UU UG	Poliuretano MOLDADO	MOULDED Polyurethane	Poliuretano MOLDEADO
FF FR FV FD	Ferro	Cast iron	Hierro
BF BI BD BE VP	Borracha	Rubber	Caucho
QE QA	Pneumática	Pneumatic	Neumática
ZI ZF	Borracha não manchante	Rubber, non marking	Caucho no marcante
ES EF SS SI SE	Borracha elástica	Rubber, elastic	Caucho elástico
NN NR	Nylon	Polyamide	Nylon
CC	Celoron	Phenolic	Fenólica
NV	Nylon com fibra de vidro	Polyamide with fiberglass	Nylon con fibra de vidrio

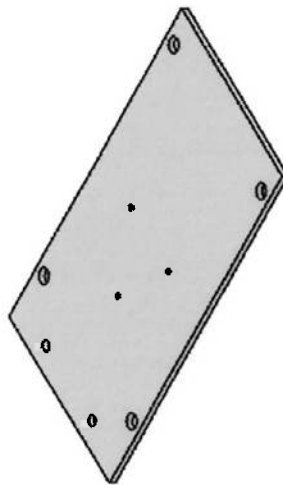
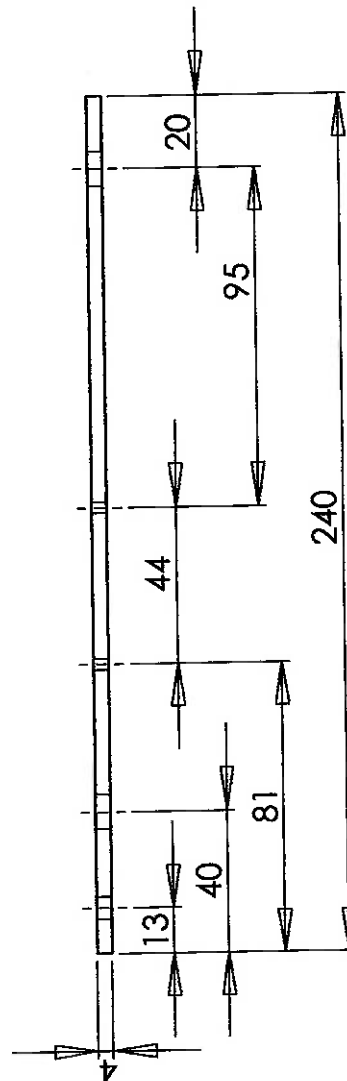
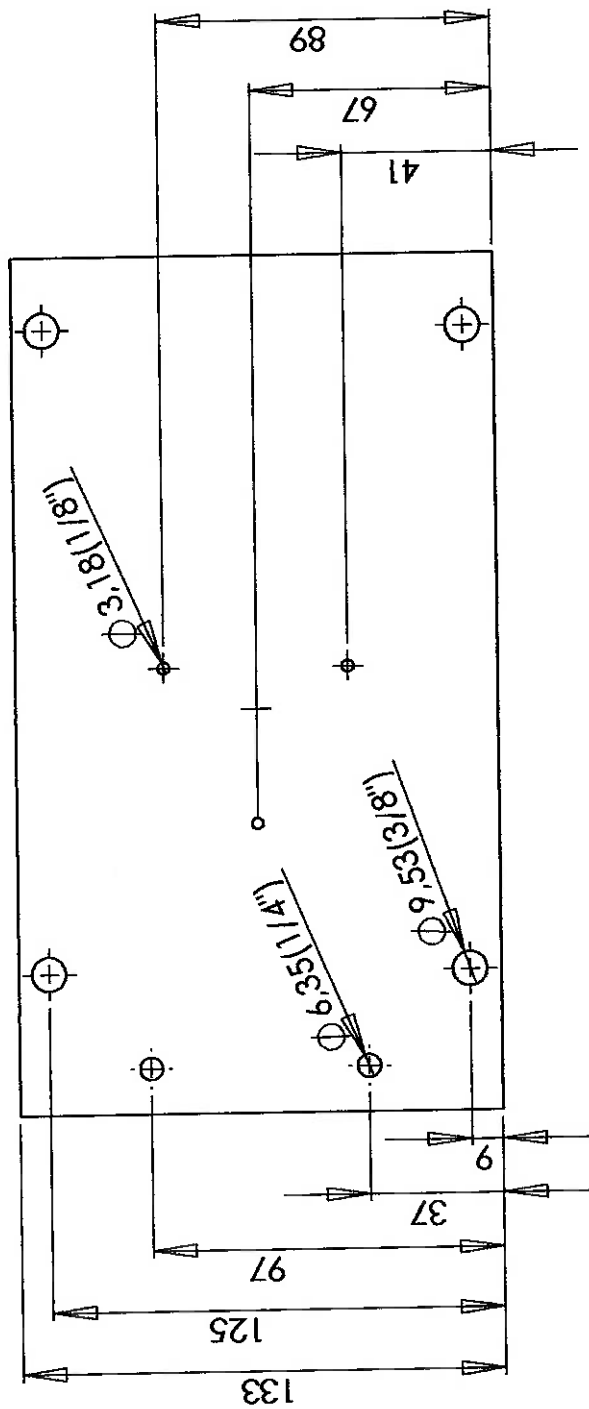
APLICAÇÃO / APPLICATION / APLICACIÓN				
A A A A A A B B A A B B B B	Piso:	Epóxi	Piso:	Epóxi
A A A A A A C C A A A A B B B	Concreto liso	Smooth Concrete	Cimento liso	Cemento Liso
A A A A A A C C A A A A B B B	Concreto rústico	Rustic Concrete	Cimento Grosso	Cemento Grueso
A A A A A A C C A A A A B B B	Cerâmica	Ceramic	Cerâmica	Cerámica
A A A A A A C C A A A A B B B	Madeira ou Plástico	Wood or Plastic	Madeira ou Plástico	Madera o Plástico
A A A A A A C C A A A A B B B	Aço/metal	Steel / Metal	Aço/Metal	Acero/Metal
A A A A A A C C A A A A B B B	Asfalto	Asphalt	Asfalto	Asfalto
A A A A A A C C A A A A B B B	Terra/areia	Soil / Sand	Terra/Arena	Tierra/Arena
A A A A A A C C A A A A B B B	Em má conservação	In bad conditions	Em má conservação	En mala conservación
A A A A A A C C A A A A B B B	Não marcante de piso	Non marking floor	No marcante de piso	No marcante de piso
A A A A A A C C A A A A B B B	Carga:	Load:	Carga:	Carga:
A A A A A A C C A A A A B B B	Leve	Light	Leve	Leve
A A A A A A C C A A A A B B B	Média	Medium	Média	Mediana
A A A A A A C C A A A A B B B	Pesada	Heavy duty	Pesada	Pesada
A A A A A A C C A A A A B B B	Movimentação:	Movement:	Movimentação:	Movimiento:
A A A A A A C C A A A A B B B	Normal	Normal	Normal	Normal
A A A A A A C C A A A A B B B	Intensa	Intensive	Intensa	Intenso
A A A A A A C C A A A A B B B	Manobra suave	Soft handling	Manobra suave	Manobra suave
A A A A A A C C A A A A B B B	Movimentação facilitada	Movement easily	Movimentação facilitada	Facilidad de movimiento
A A A A A A C C A A A A B B B	Superar pequenos obstáculos	Cross over little obstacles	Superar pequenos obstáculos	Superar pequeños obstáculos
A A A A A A C C A A A A B B B	Temperatura:	Temperature:	Temperatura:	Temperatura:
A A A A A A C C A A A A B B B	-20 a +80°C	-20 a +80° C	-20 a +80°C	-20 a +80°C
A A A A A A C C A A A A B B B	-30 a +140° C	-30 a +140° C	-30 a +140° C	-30 a +140° C
A A A A A A C C A A A A B B B	-40 a +250° C	-40 a +250° C	-40 a +250° C	-40 a +250° C
A A A A A A C C A A A A B B B	-40 a +400° C	-40 a +400° C	-40 a +400° C	-40 a +400° C
A A A A A A C C A A A A B B B	Tração:	Traction:	Tração:	Traction:
A A A A A A C C A A A A B B B	Manual	Manual	Manual	Manual
A A A A A A C C A A A A B B B	Mecânica	Mechanic	Mecânica	Mecánica
A A A A A A C C A A A A B B B	Velocidade:	Speed:	Velocidade:	Velocidad:
A A A A A A C C A A A A B B B	Normal 4km/h	Normal 4km/h	Normal 4km/h	Normal 4km/h
A A A A A A C C A A A A B B B	Média 15km/h	Medium 15km/h	Média 15km/h	Mediana 15km/h
A A A A A A C C A A A A B B B	Alta 30km/h	High 30km/h	Alta 30km/h	Alta 30km/h
A A A A A A C C A A A A B B B	Carga estática	Static load	Carga estática	Carga estática
A A A A A A C C A A A A B B B	Redução de:	Reduction of:	Redução de:	Reducción de:
A A A A A A C C A A A A B B B	Ruído	Noise	Ruído	Ruido
A A A A A A C C A A A A B B B	Vibração	Vibration	Vibração	Vibración
A A A A A A C C A A A A B B B	Condutividade elétrica	Electric conductive	Condutividade elétrica	Conductividad eléctrica
A A A A A A C C A A A A B B B	Resistência:	Resistance to:	Resistência:	Resistencia:
A A A A A A C C A A A A B B B	Impacto	Impact	Impacto	Impacto
A A A A A A C C A A A A B B B	Objeto perfurante	Perforating object	Objeto perfurante	Objeto perforante
A A A A A A C C A A A A B B B	Abrasivo	Abrasive	Abrasivo	Abrasión
A A A A A A C C A A A A B B B	Risco	Tear	Risco	Rasgo
A A A A A A C C A A A A B B B	Óleos minerais	Mineral oils	Óleos minerais	Aceites minerales
A A A A A A C C A A A A B B B	Derivado de petróleo	Petroleum products	Derivado de petróleo	Derivado del petróleo
A A A A A A C C A A A A B B B	Água	Water	Água	Agua
A A A A A A C C A A A A B B B	Ác. sulfúrico 10%	Sulphuric acid 10%	Ác. sulfúrico 10%	Ac. sulfúrico 10%
A A A A A A C C A A A A B B B	Sal e água salina	Salts and sea water	Sal e água salada	Sal y agua salada
A A A A A A C C A A A A B B B	Alcool	Alcohol	Alcool	Alcohol
A A A A A A C C A A A A B B B	Soda e Amônia	Soda and ammonia	Soda e Amônia	Soda y amonía
A A A A A A C C A A A A B B B	Solventes	Solvents	Solventes	Solventes
A A A A A A C C A A A A B B B	Óleos vegetais	Vegetal oils	Óleos vegetais	Aceites Vegetales
A A A A A A C C A A A A B B B	Leite, suco de frutas	Milk, fruit juice	Leite, suco de frutas	Leche, jugo de frutas

A - Excelente B - Razoável C - Inadequado
A - Excellent B - Reasonable C - Improper
A - Excelente B - Razonable C - Inadecuado

ANEXO 2 – Desenhos de fabricação do produto



TITLE:		SIZE DWG. NO.		REV	
BASE		A 5.0		1	
SCALE: 1 : 3		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	
DRAWN		NAME		DATE	
FERNANDO		FERNANDO		11/10/05	
MATERIAL		Aluminio			



TITLE:

BASE MÓVEL

DRAWN	NAME	DATE
Fernando		11/10/05

SIZE DWG. NO.
A 6.0

1

SCALE: 1 : 2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

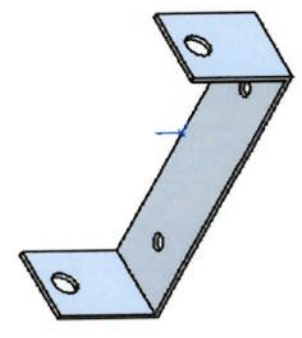
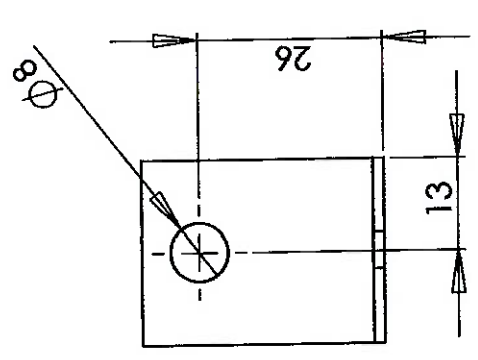
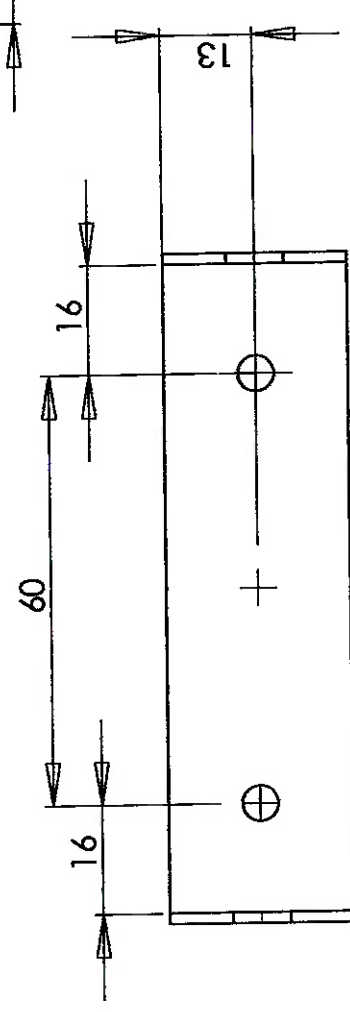
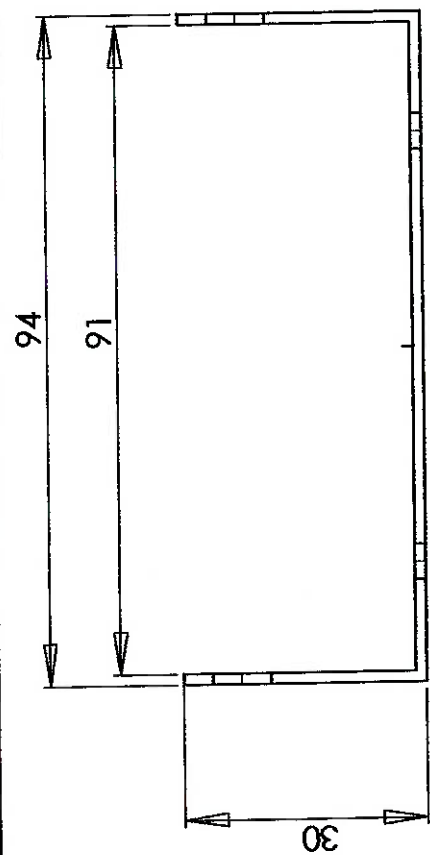
1

2

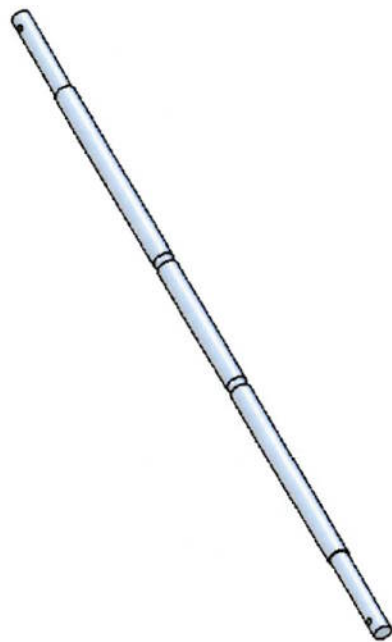
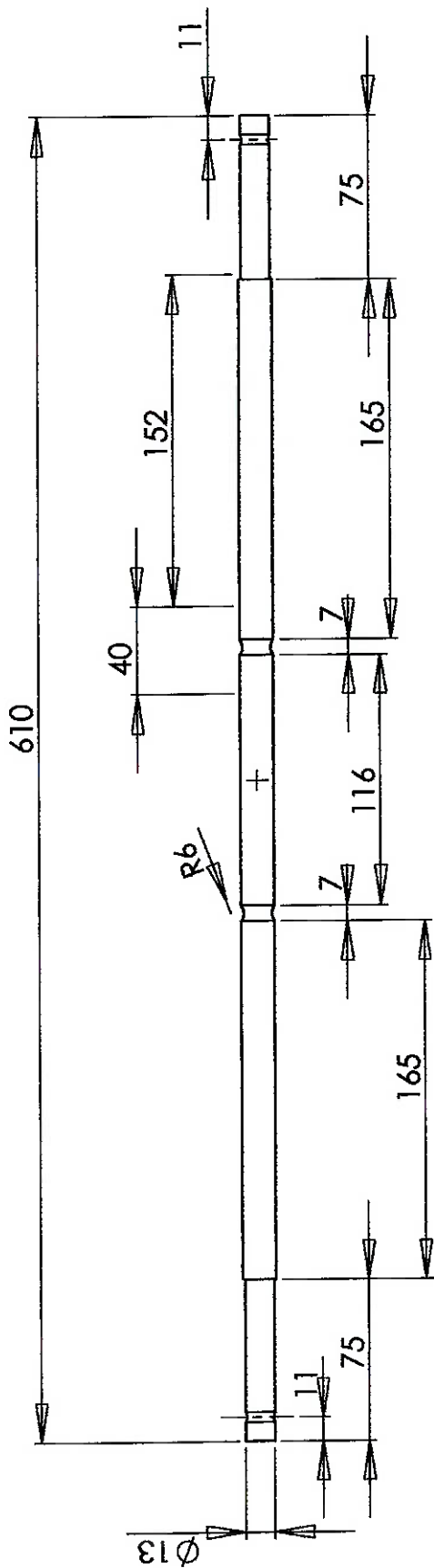
3

4

5



TITLE:		apoio laser		SCALE: 1:1		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1	
SIZE		DWG. NO.		REV		1			
A		2.0							
DRAWN		NAME		DATE					
FERNANDO		FERNANDO		11/10/05					
MATERIAL		Aluminio							



TITLE:

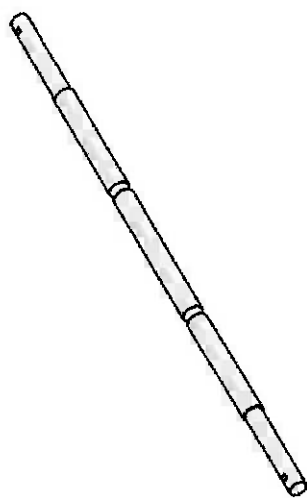
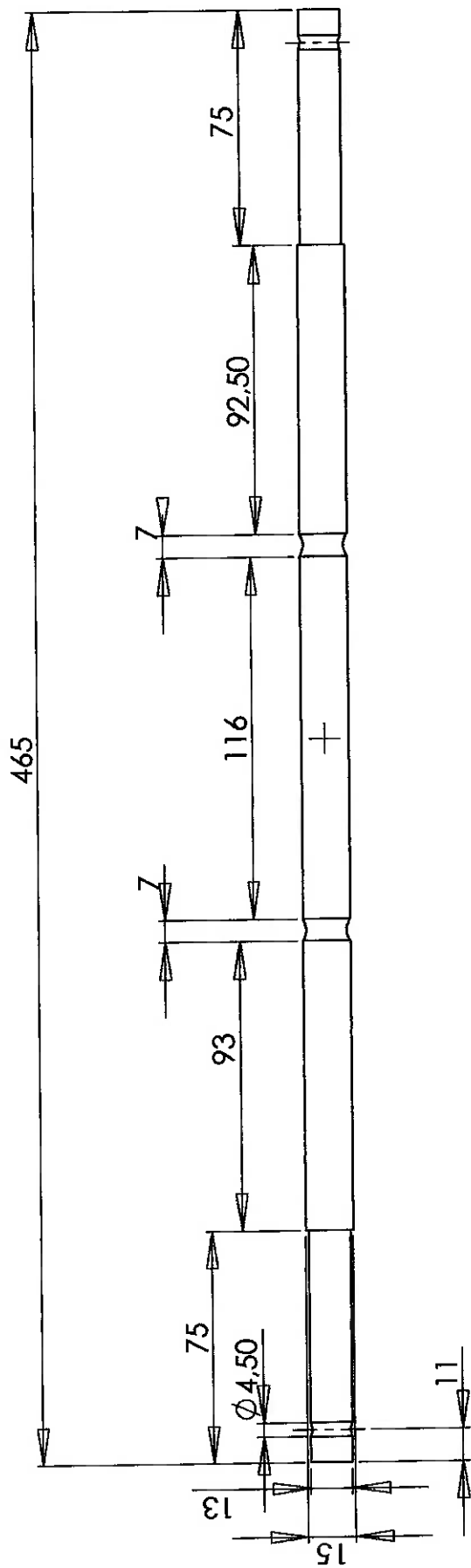
Eixo Grande

SIZE DWG. NO. REV
A 3.3 1

DRAWN NAME DATE
Fernando 11/10/08
MATERIAL

SCALE: 1 : 3 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

1 2 3 4 5

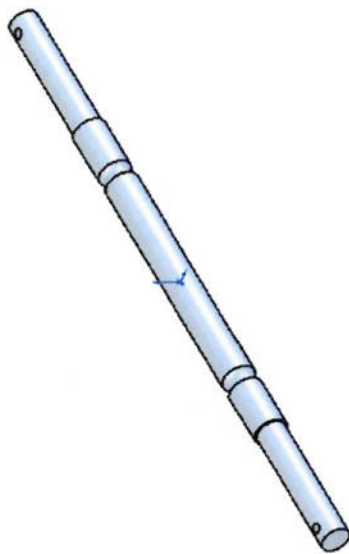
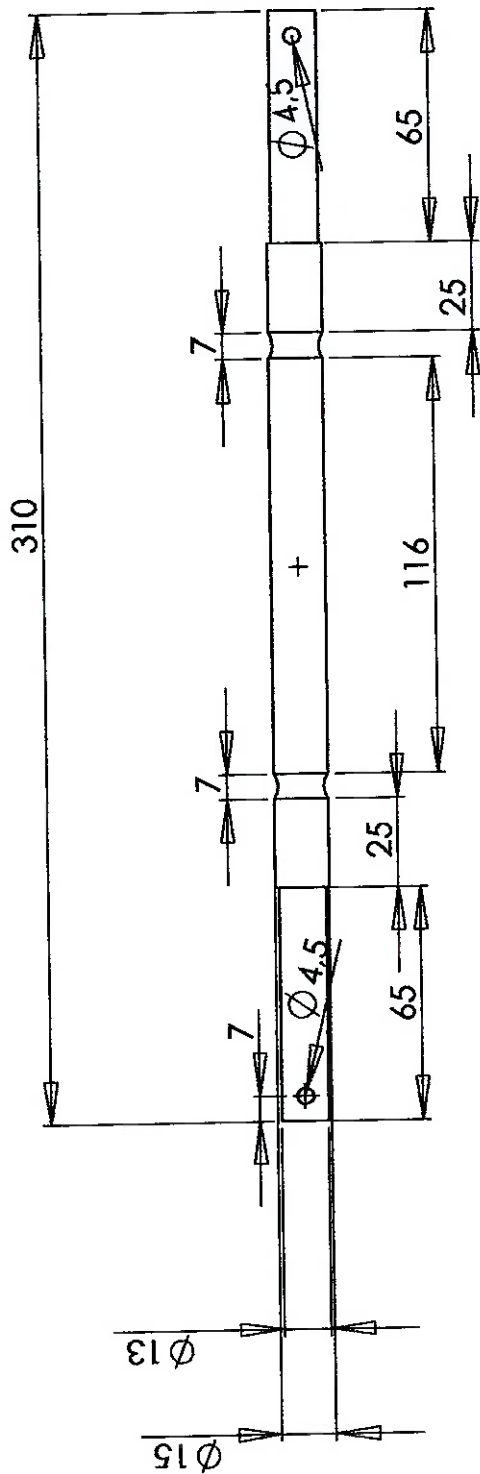


TITLE:

Eixo Médio

DRAWN	NAME	DATE	SIZE	DWG. NO.	REV
Fernando	Fernando	11/10/05	A	3.2	1
MATERIAL			SCALE: 1 : 2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1		
Aço ABNT 1045					

1 2 3 4 5



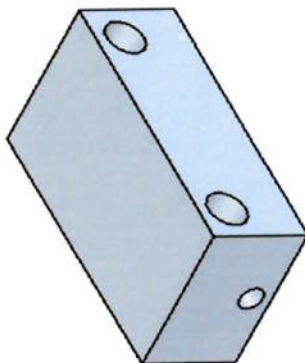
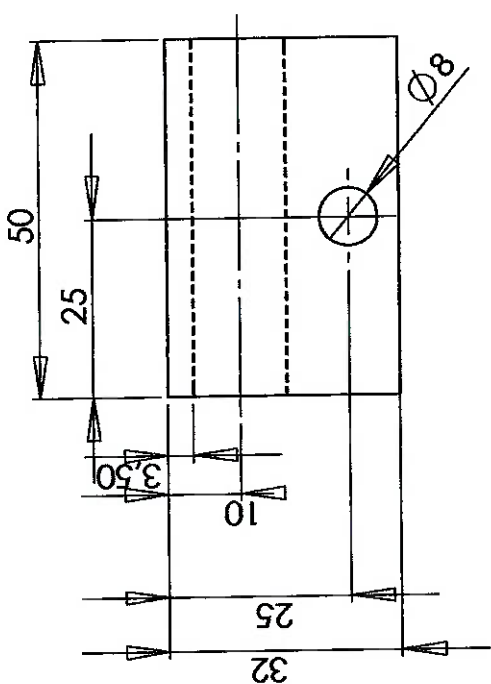
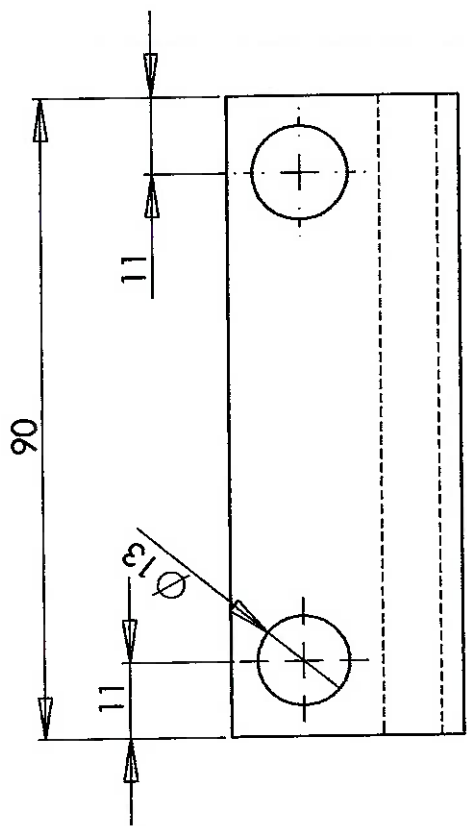
TITLE:

Eixo Pequeno

SIZE	DWG. NO.	REV
A	3.1	1

DRAWN	NAME	DATE
Fernando		11/10/05

MATERIAL	SCALE: 1 : 2	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1
Aço ABNT 1045			



TITLE: **suporte do laser**

SIZE	DWG. NO.	REV
A	4.0	1

SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

DRAWN	NAME	DATE
Fernando	Fernando	11/10/05

ALUMINIO