

Execução:



Financiamento:



Projeto **ROSA**

Robô para Operação de Stoplogs Alagados

Título **Relatório de Viagem Jirau 2014.06**

Responsável(eis) Eduardo Elael, Gabriel Alcantara e Renan Freitas

Documento ROSA.2014.E.02

PD 6631-0002/2013

Contrato Jirau 151/13

Coordenador Ramon Romankevicius Costa

Gerente Breno Bellinati de Carvalho

Data: 18 de outubro de 2014

Sumário

1 Considerações Gerais	2
1.1 Logística de materiais e dispositivos	2
1.2 Planejamento	4
1.3 Montagem	5
2 Teste do Sensor Indutivo	6
2.1 Propósito	6
2.2 Materiais	8
2.3 Experimento	10
2.4 Resultados	12
3 Teste do Sonar	13
3.1 Propósito	13
3.2 Materiais	14
3.3 Experimento	16
3.4 Resultados	19

Lista de Figuras

1 Estrutura mecânica para acoplamento do sensor indutivo na viga pescadora	6
2 Distância máxima de operação do sensor com o stoplog	7
3 Tubo da eletrônica embarcada conectada ao sensor indutivo	9
4 Sonar acoplado na viga pescadora	13

1 Considerações Gerais

Esta seção visa realizar um apanhado de considerações gerais sobre o planejamento e execução da viagem. Serão abordados itens como logística de materiais e dispositivos, planejamento e montagem.

1.1 Logística de materiais e dispositivos

Esta subseção abrange tanto pesquisa e escolha de malas/cases para transporte de equipamentos e ferramentas, quanto organização interna dos cases, proteção para transporte aéreo, meios de locomoção e dificuldades encontradas.

A pesquisa e compra do pelican-case para transporte de ferramentas foi realizada duas semanas antes da viagem, porém a alteração no escopo dos experimentos, na mesma semana, exigiu uma nova pesquisa. Os professores Ramon e Jacoud avaliaram o tempo ainda disponível e consideraram a viagem uma boa oportunidade para testar os novos sensores que foram entregues: profundímetro da Velki e sensor inercial (IMU), dos projetos LUMA e DORIS. Este último faria o papel do inclinômetro no escopo do projeto.

Devido ao teste extra, houve a necessidade de um novo projeto para a eletrônica embarcada à prova d'água, cabos com emendas submarinas e montagem da estrutura mecânica, além da readaptação da placa eletrônica para os novos sensores com acréscimos de novos CIs e uma grande reestruturação do software. A compra de novos componentes, cases e cabos foram realizadas no centro da cidade do Rio de Janeiro, Rua República do Líbano, pelo método de reembolso e com transporte particular.

O umbilical proposto para o novo teste da eletrônica é composto por um cabo embrorrachado de 12 vias com 40m de comprimento e um cabo Ethernet com 8 vias, sem carretel. O novo umbilical, somado com os outros diversos cabos da eletrônica, fontes, baterias, voltímetro, osciloscópio, dentre outros equipamentos, exigiu a aquisição de um novo case KGB com $65x65x65\text{cm}$ e rodas, totalizando um

peso de 70kg contando com o material. Não foi possível realizar o planejamento e a construção de uma estrutura que possibilitasse uma correta organização interna do case, já que o tempo da última semana foi reservado, em sua maior parte, para a reestruturação da eletrônica e de software, a fim de garantir o último teste e a obtenção de dados.

O tubo à prova d'água que contém a eletrônica embarcada com profundímetro e IMU foi enrolado em espuma, presa com abraçadeiras de plástico. No aeroporto, foi necessário envolvê-lo com proteção adicional. A estrutura metálica do sensor indutivo foi revestida com plástico bolha e também envolvida com proteção adicional.

O transporte dos cases foram realizados do laboratório à Usina nas seguintes etapas:

- Laboratório-Aeroporto: carro particular;
- Aeroporto: despachados como bagagem pessoal;
- Aeroporto-Nova Mutum Paraná: carro alugado Hilux;
- Nova Mutum Paraná-Usina: carro alugado Hilux;

Os três sensores indutivos, assim como o sonar, foram transportados em suas respectivas caixas, em mochila particular durante todo o trajeto da viagem.

Podemos destacar algumas dificuldades de logística:

- Transporte do case de 70Kg: apesar de apresentar rodinhas, o constante deslocamento do case entre carros era complicado e consumia tempo.
- O transporte de equipamentos com mais de 60kg deve ser realizado pelo serviços de transporte de cargas (ex: TAM Cargo), que além de ser o serviço específico para esse tipo de transporte, tem uma maior cobertura contra danos ocasionados pelo transporte.

- Não houve organização do pelican-case e do case KGB 70Kg. A necessidade de uma ferramenta ou equipamento tomava tempo pela busca e poderia até resultar na desmontagem do case para se ter acesso a um equipamento que estivesse no fundo.
- A falta de um carretel para o cabo umbilical dificultou bastante o seu manuseio, demandando muito tempo e esforço.
- Para o tubo, não foi projetado um case personalizado para transporte, o que resultou em uma proteção improvisada com espumas, e não facilitou a sua locomoção. Além de passar a impressão de desorganização e não profissionalismo ao cliente.

1.2 Planejamento

A realização de um teste em campo exige o planejamento de dispositivos necessários para sua execução levando em consideração voltagem disponível na USINA, equipamentos que podem ser fornecidos pela USINA, operários disponíveis para realizar a operação, tempo de uso da viga e do ambiente.

Sobre os equipamentos utilizados é importante que seja feita uma lista com todos os equipamentos necessários e também a ordem que serão utilizados. Essa checagem possibilita uma otimização do tempo de execução de cada teste e também reduz a chance de esquecimento de algum ítem. Um ponto importante que pode ser facilmente negligenciado é a contabilização das ferramentas necessárias para a montagem e ajuste dos equipamentos. A montagem e desmontagem das estruturas mecânicas não pode ser realizada de forma mais eficiente pois havia somente uma chave canhão 8, impossibilitando a alocação de mais de uma pessoa nessa tarefa.

Outro ponto importante é a listagem de toda a infraestrutura necessária para a realização do teste que deverá ser fornecida pelo cliente ou responsável pelo local. Ítems como fontes de energia e equipamentos cujo transporte não é

possível devem ser listados e solicitados com antecedência para uma preparação eficiente. Todo o equipamento que possuir uma solução alternativa de backup emergencial, deve ser considerado e levado a campo. Como exemplo é a utilização de baterias como fonte de alimentação, não dependendo assim, de uma fonte de alimentação no local. A carga e tempo de duração das baterias de laptops utilizados durante os teste também deve ser levada em conta.

Por fim é necessário também que se analise as condições climáticas e a estrutura do local onde os testes serão realizados, onde os equipamentos ficarão, se o local é coberto, qual tipo de clima, condições de poeira, para que nenhum equipamento seja danificado e a equipe não seja exposta a nenhum risco desnecessário. Em campo, o calor excessivo prejudicou bastante o primeiro dia de testes, foi necessário a realização de uma pausa para que os computadores esfriassem, já que ambos tinham travado por superaquecimento. A equipe também sofreu bastante, com dois membros passando mal no final do dia. Como solução, uma tenda foi providenciada para os dias seguintes.

1.3 Montagem

O planejamento da montagem dos equipamentos em campo é de suma importância pois pode impossibilitar uma correta execução dos testes e fazer com que todo o esforço desprendido para a realização dos mesmos seja desperdiçado.

É importante que o projeto da estrutura de acoplamento seja projetada a partir do detalhamento técnico do equipamento presente em campo e do equipamento a ser acoplado e deve possuir uma flexibilidade para adaptação devido a possíveis imprevistos. Foi verificado uma discrepância entre a viga pescadora e o seu modelo detalhado, o que ocasionou em uma dificuldade de montagem. Entretanto, devido ao planejamento de se projetar um suporte com múltiplos pontos de encaixe, foi possível realizar o acoplamento em uma posição próxima à desejada a priori.

2 Teste do Sensor Indutivo

2.1 Propósito

O experimento 2, sensor indutivo, tem como principais objetivos:

- Avaliar a estrutura mecânica desenvolvida para o acoplamento do sensor indutivo na viga pescadora;
- Verificar a distância máxima de operação do sensor com o stoplog;
- Observar possíveis falso-positivos do sensor devido ao acoplamento metálico;
- Avaliar possíveis danos ao sensor e novas formas de acoplamento;



Figura 1: Estrutura mecânica para acoplamento do sensor indutivo na viga pescadora



Figura 2: Distância máxima de operação do sensor com o stoplog

2.2 Materiais

Os materiais utilizados para a execução do experimento do sensor indutivo na Usina foram:

- Três sensores indutivos;
- Cabos M12 com conectores submarinos e umbilical com saída de backup;
- Eletrônica embarcada à prova d'água composta por: tubo metálico, duas baterias, chave de ativação, placa eletrônica customizada e cabeamento;
- Ferramentas da eletrônica: voltímetro e modem;
- Computador com sistema operacional Ubuntu e Modem Ethernet;
- Estrutura mecânica para acoplamento do sensor;
- Ferramentas: chave de fenda e de boca 8mm;

Os sensores indutivos NBB20-L2-E2-V1 adquiridos na Pepperl-Fuchs foram previamente testados em laboratório nas condições que se esperava encontrar em JIRAU (ver relatório Testes de Laboratório, seção do sensor indutivo): objetos metálicos em torno do sensor, sensor dentro e fora da água, distância de 20 a 30mm do objeto a ser detectado.

Os cabos M12 de 4 vias e 5m de comprimento, também adquiridos na Pepperl-Fuchs, foram estendidos com cabos que se conectam ao tubo da eletrônica embarcada. As extensões são do tipo submarina, capaz de resistir a altas pressões embaixo d'água.

O cabo umbilical da eletrônica embarcada apresenta 12 vias, onde duas são as saídas de sinais dos sensores indutivos. Essas saídas garantem a verificação dos sensores indutivos caso haja falha do dispositivo GPIO/Ethernet da placa eletrônica. A ferramenta utilizada para essa verificação é o voltímetro.

A eletrônica embarcada do teste em JIRAU é um protótipo simplificado da eletrônica final do projeto ROSA. Ela pode ser subdividida em projeto mecânico, placa eletrônica e potência.



Figura 3: Tubo da eletrônica embarcada conectada ao sensor indutivo

A estrutura mecânica para acoplamento do sensor foi desenvolvida pelo prof. Ramon e pode ser observada na FIGURA. O formato da barra acompanha a lateral da garra pescadora, oposta à pegada com o stoplog. Na barra ortogonal à primeira, localizada na parte inferior, é acoplado o sensor indutivo, garantindo sua proteção em relação ao olhal do stoplog. O acoplamento à viga pescadora foi realizado com abraçadeiras durante a montagem.

2.3 Experimento

O experimento consistiu em acoplar o sensor indutivo à viga utilizando a estrutura metálica desenvolvida em laboratório. O projeto mecânico foi desenvolvido a partir do desenho detalhado da viga, disponível em CAD. O sensor indutivo é alimentado por duas baterias de 12V, 7Ah, em série, formando uma alimentação de 24V para os sensores. A comunicação do sensor é como um relé, isto é, a saída tem a mesma tensão da bateria. Uma placa customizada, desenvolvida pelo grupo da eletrônica, gerencia a alimentação das baterias ao sensor e possui um dispositivo gateway ethernet que traduz a saída para um booleano e disponibiliza o resultado na rede Ethernet.

Os dispositivos e materiais para a realização do teste do sensor indutivo podem ser observados no capítulo Materiais e foram todos disponibilizados pelo laboratório LEAD, com exceção do Modem Ethernet. A eletrônica embarcada foi alimentada por duas baterias, assim como os sensores, os notebooks possuem baterias próprias, portanto a única alimentação externa necessária é do Modem 220VAC, disponível na USINA.

As vigas foram utilizadas em todos os testes, portanto um operador foi requisitado para posicionar a viga quando necessária, com dois ajudantes que verificavam a inclinação da viga.

O tempo do teste foi dividido em tempo de montagem e coleta de dados. Cerca de quatro horas foram reservados para a montagem e três para a coleta dos dados. O operador só é necessário durante a coleta de dados e na primeira fase de montagem para posicionar a viga.

O operador realizou a pegada do stoplog com ajudantes e desceu o conjunto stoplog/viga no fosso até que as garras ficassem na altura para montagem. As grades de proteção foram retiradas para o início da montagem.

O grupo se vestiu com o cinturão de segurança e deu prosseguimento a montagem. A estrutura mecânica para o sensor indutivo e o tubo da eletrônica embarcada foram acoplados à viga por meio de abraçadeiras metálicas. O se-

gundo sensor indutivo, garra esquerda, não pôde ser acoplado, já que a estrutura mecânica foi projetada de forma simétrica e a viga apresenta uma barra rígida entre as garras, não simétrico.

Os cabos dos sensores foram presos à viga com abraçadeiras de plástico e o umbilical enrolado para o lado de fora do fosso para a fase de inserção.

O operador utilizou a viga pescadora para pescar e despescar o Stoplog, resultando assim em medições do sensor indutivo durante o processo.

2.4 Resultados

- A estrutura mecânica desenvolvida se mostrou inadequada, já que a estrutura mecânica foi projetada de forma simétrica e a viga apresenta uma barra rígida entre as garras, não simétrico. Resultando, no sensor indutivo da garra esquerda não podendo ser conectado.
- Os resultados deste experimento mostraram que a escolha de um sensor indutivo faceado e com alcance de $20mm$ é o ideal para a aplicação, possibilitando detectar se a garra da viga pescadora está ou não conectada ao Stoplog de maneira correta.
- Nenhum falso positivo foi detectado.
- Não houveram danos ao sensor.

3 Teste do Sonar

3.1 Propósito

O experimento , teste do sonar, tem como principais objetivos:

- Avaliar a estrutura mecânica desenvolvida para o acoplamento do sonar na viga pescadora, assim como, possíveis configurações alternativas de montagem;
- Aquisição de dados para o desenvolvimento dos algoritmos de filtragem e reconstrução 3D;
- Analisar a estrutura do poço/fosso, assim como as condições normais de operação;
- Avaliar as possíveis fontes de interferência e ruídos;



Figura 4: Sonar acoplado na viga pescadora

3.2 Materiais

Os materiais utilizados para a execução do experimento do sonar no vão do *stern-plog* em montante foram:

- Sonar Tritech Micron MK3 3000m;
- Computação necessária:
 - Laptop com sistema operacional Ubuntu e driver ROCK instalado;
 - Laptop com sistema operacional Windows e programa proprietário da Tritec instalado.
- Equipamentos de integração:
 - Cabo Tritec de 6 vias, com conector específico para o referido sonar, extendido por emenda submarina para conjunto de par trançado;
 - fonte de 24V 6A;
 - conversor 232/USB;
 - barra sindal, para conexão entre componentes.
- Montagem:
 - Estrutura mecânica biarticulada para fixação e direcionamento do sonar sob a viga pescadora;
 - Ferramentas: chave de fenda e de canhão 8mm;

O sonar Micron utilizado nos testes em Jirau já tivera seu funcionamento avaliado em testes no tanque do LabOceano, no parque tecnológico. Na ocasião pode-se ver com clareza a capacidade de resolução do sonar o que tornou viável o julgamento da qualidade da leitura durante os testes na viagem.

O cabo Tritec de 6 vias e foi extendido por cabos ethernet até um total de 40m. A emenda é do tipo submarina, capaz de resistir a pressões de até 1000m embaixo d'água.

Os pares trançados provenientes do cabo ethernet extendido são organizados em uma barra sindal de maneira que um par é conectado a uma fonte 24V e os outros entram em um conversor 232/USB e que, por sua vez, é conectado ao Laptop.

Nos testes foram utilizados dois laptops. Um possuía sistema operacional Ubuntu e software desenvolvido utilizando o framework ROCK para a coleta e registro dos valores fornecidos pelo sonar. O outro utilizou o software proprietário da Tritec rodando em um ambiente Windows, gerando gravações da visualização feita apartir deste. Ambos liam os dados por USB através do conversor.

3.3 Experimento

As ondas sonoras não se propagam de forma idêntica à luz e, por isso, não é possível utilizar o sonar com a facilidade de uma câmera filmadora. As fontes de ruído e o número de objetos que produzem interferência na propagação de ondas sonoras são consideralmente maiores em número e intensidade e exigem o desenvolvimento de algoritmos otimizados especialmente para a aplicação em questão. Principalmente quando o objetivo é que a reconstrução gerada seja de fácil entendimento até para um operador não treinado em visualização utilizando sonar.

O experimento visa, então, adquirir uma base de dados para que se possa identificar as propriedades específicas do ambiente a ser inspecionado e, assim, elaborar estratégias para a eliminação, ou atenuação dos ruídos presentes no ambiente e, também intrínsecos do próprio sonar.

O experimento constituiu, primeiramente, na avaliação na melhor posição para a fixação do sonar à viga utilizando a estrutura metálica desenvolvida em laboratório pelo Prof. Ramon, visando um maior aproveitamento do ponto de vista e uma menor quantidade de ruídos referentes á posição. O projeto mecânico foi desenvolvido a partir do desenho detalhado da viga, disponível em CAD.

O sonar é alimentado por duas baterias de 12V, 7Ah, em série, formando uma alimentação de 24V. A potência é transmitida ao sensor por meio do cabo umbilical, que também é responsável pela comunicação de dados entre o sonar e o computador em terra.

A estrutura de fixação do sonar foi projetada para ser acoplada no centro da viga pescadora. Entretanto uma placa de sustentação que não estava presente nos desenho de detalhamento, que tínhamos acesso até o momento, impossibilitou uma fixação exatamente ao centro.

Após o acoplamento da estrutura do sonar na viga pescadora, foi realizado a conexão do cabo umbilical e sua fixação, de maneira que fosse minimizada a possibilidade de emaranhamento do cabo ou que o mesmo prendesse em algum

objeto pelo caminho.

O carretel e o computador para a aquisição de dados devem estar posicionados de uma maneira que possibilite um fácil enrolamento e desenrolamento do cabo, a fim de uma correta inserção e remoção da viga pescadora no fosso. Caso contrário, pode haver um tensionamento no cabo e há risco de rompimento das conexões.

A estrutura de fixação do sonar possibilitava dois graus de liberdade para o ajuste da direção de varredura do sensor, assim como as escalas para o ajuste nas posições desejadas.

Foram realizados 3 baterias de testes com direções diferentes:

- **Primeiro teste:** Direção de varredura perpendicular ao comprimento do fosso.
- **Segundo teste:** A Direção de varredura paralela ao comprimento do fosso.
- **Terceiro teste:** Repetição do primeiro teste.

Em todos os testes foram feitas aquisições de dados na superfície, em 18,12 e 6 metros de profundidade. A aquisição foi realizada alternando entre os sistemas Windows e Ubuntu, utilizando o software da Tritech e o componente em ROCK, respectivamente. Cada aquisição com a viga parada tinha a duração de pelo menos 2 minutos.

Por razões de segurança, a inserção deve ser realizada com o software da Tritech (Windows), enquanto não houver uma visualização confiável para a aferição da distância ao fundo. No primeiro teste o operador garantiu que existia uma marcação no cabo do pórtico e que ele pararia a viga pescadora a uma distância segura do solo, o que não ocorreu. O primeiro teste foi repetido para uma aquisição mais consistente de dados, devido à falta de medição confiável de profundidade.

Os dados adquiridos consistem em um conjunto de ecos recebidos pelo sonar contendo, cada um, uma informação de intensidade e direção. A partir das

características do sonar utilizado no teste, cada eco recebido é mapeado em um *Sonar Beam* leque que é subdivididos em comprimentos fixos, denominados *bins*.

A partir da combinação de todos os sonar beams aquisitados em uma bateria de testes é possível gerar uma visualização primitiva do ambiente. Tanto no sistema Windows, quanto no Ubuntu, só é possível gerar imagens contendo informações em um único plano. Mesmo no Ubuntu, onde já se extrapola a visualização para o espaço tridimensional, só é possível extrair conteúdo em 2D, devido a ausência de uma unidade Pan-Tilt para a movimentação do sonar e a mudança de sua direção.

Foram aquisitados os seguintes conjuntos de dados:

- Ângulo do sonar = 90
 - Superfície
 - 12 metros
 - 6 metros
 - Subida
- Angulo do sonar = 180
 - Superfície
 - 12 metros
 - 6 metros
 - Subida

3.4 Resultados

- Foi detectado pequenas variações entre o CAD disponível da Viga e o estrutura real, a estrutura para acoplamento do Sonar projetada foi capaz de lidar com as pequena variações, sem impacto na montagem do Sonar na vista.
- Os dados para o processamento foram adquiridos com sucesso e serão pós-processados em laboratório.
- Os resultados deste experimento mostraram que a configuração da estrutura do poço/fosso e o ambiente adjacente (turbinas em funcionamento, correnteza do rio e turbilhamento) não interferem de forma que impossibilita o desenvolvimento de um sistema de reconstrução 3D do fundo do rio para a operação de inspeção do mesmo.
- Nenhuma fonte de ruído ou interferência foi detectada.