PROJETO BÁSICO - CONVÊNIO

Expansão dos Mecanismos de Aprendizado na Metodologia de Reconhecimento de Padrões de Defeitos em Sistemas de Bombeio Centrífugo Submerso

Projeto de Pesquisa do Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo

1 - OBJETO

Metodologia Computacional para Aprendizado de Modos de Detecção de Defeitos em Sistemas de Bombeio Centrífugo Submerso

2 - OBJETIVO

Este projeto visa utilizar técnicas de inteligência computacional [1] para o aprendizado de padrões de defeitos em sistemas de bombeio centrífugo submerso (BCS).

Objetivos Específicos:

- Possibilitar o ajuste automatizado dos conhecimentos a partir das análises de vibração e diagnósticos feitos pelos especialistas quando da realização de um novo teste de bomba centrífuga submersa.
- Possibilitar a inclusão semi-automatizada de novos conhecimentos a partir de instruções fornecidas pelos especialistas.
- Possibilitar o ajuste automatizado dos conhecimentos a partir dos diagnósticos de bombas centrífugas submersas que falharam durante a sua operação em campo.

3 -JUSTIFICATIVA

O Bombeio Centrífugo Submerso [2] é um método de elevação artificial muito usado na produção de petróleo e gás e se caracteriza por utilizar uma bomba centrífuga de múltiplos estágios acionada por um ou mais motores elétricos. A PETROBRAS vem implantando nos últimos anos sistemas de bombeio centrífugo submerso submarino, com graus adequados de confiabilidade e desempenho, de campos marginais situados em águas profundas. Para estas aplicações, foram projetados e desenvolvidos vários sistemas capazes de bombear grandes volumes de petróleo e gás, a grandes profundidades na plataforma continental do Brasil, considerando grandes variações na composição gás-líquido.

BCSs pertencem a uma classe de equipamentos utilizados na extração e exploração de petróleo e gás sujeitos a severas condições de trabalho. Elevadas pressões, elevadas temperaturas, trabalho em presença de meios agressivos, vazões muito elevadas e necessidade de trabalho diuturno são condições críticas para qualquer máquina. Adicione-se a isso o agravante desses equipamentos serem instalados na superfície do solo marinho abaixo de grandes lâminas d´água. Essas regiões são inóspitas para a instalação e manutenção de qualquer equipamento. Falhas que demandem a parada, manutenção e, eventualmente, substituição desses equipamentos normalmente provocam grandes perdas financeiras em virtude do próprio custo elevado da realização da manutenção e principalmente pela interrupção da produção por um longo período de tempo.

Uma maneira de reduzir os riscos de falha nestes sistemas é realizar uma ampla verificação de seu funcionamento em laboratório antes de sua instalação em campo. Sistemas BCS são construídos por um pequeno grupo de fabricantes de equipamentos que possuem laboratórios adequados (em alguma parte do mundo) para a análise do funcionamento de um sistema BCS. Assim, quando um novo sistema BCS está presumivelmente pronto para ser entregue para instalação em campo, a Petrobras envia um especialista do seu quadro de funcionários para o laboratório de análise da empresa fabricante para realizar o

teste de aceitação do equipamento. Para realizar essa análise o especialista demanda que sejam instalados dezenas de acelerômetros ao longo de diferentes pontos do sistema BCS e que sejam coletados dados de sinais de vibração por períodos longos (por exemplo, 72 horas). De posse desses dados, o especialista utiliza ferramentas computacionais para análise do espectro de vibração desses sinais. Com base nessa análise ele pode considerar o equipamento como em condição adequada para instalação e aceitar a sua entrega ou pode rejeitar o equipamento demandando que sejam feitas alterações no mesmo. Esse processo se repete até que o equipamento seja considerado apto a ser instalado em campo.

Enquanto esse procedimento é bastante eficaz para reduzir o risco de falha em sistemas BCS instalados em campo, ele apresenta um inconveniente para a empresa: são muito raros os especialistas em condições de realizar esse teste com eficácia. Tipicamente, o conhecimento necessário para realizar essa tarefa é alcançado ao longo de muitos anos de experiência e não é facilmente ensinado ou transmitido para outros técnicos especializados.

Assim, a empresa se torna muito dependente dos especialistas capazes de realizar esse teste. Isso é inconveniente porque a indisponibilidade do mesmo (por motivo de férias, doença ou aposentadoria) pode prejudicar o negócio atrasando cronogramas ou, até pior, fazendo que técnicos menos capacitados acabem aceitando equipamentos em condições inadequadas para funcionamento. Além disso, se a indisponibilidade dos especialistas for definitiva, levará alguns anos até que um novo especialista adquira experiência suficiente para exercer esta tarefa com efetividade.

O ideal para a empresa é que esse conhecimento especializado seja despersonalizado e incorporado ao conhecimento corporativo da instituição.

O projeto de P&D denominado "RPDBCS – Reconhecimento de Padrões de Defeitos em Bombas Centrífugas Submersas", sendo realizado no período de dezembro de 2011 a outubro de 2014, desenvolveu uma metodologia computacional para analisar dados característicos de vibrações de uma bomba

centrífuga submersa (BCS) e inferir automaticamente se esse equipamento se encontra em condições adequadas para ser colocado em operação. A metodologia desenvolvida foi fortemente baseada nos conhecimentos do Engenheiro Especialista em Análise de Vibrações Marcos Pellegrini Ribeiro, da Petrobrás.

A metodologia é capaz de diagnosticar os defeitos de desbalanceamento, desalinhamento, roçamento e falha nos sensores. Para diagnóstico dos defeitos de desbalanceamento e desalinhamento foi criado um sistema classificador que utiliza uma representação de conhecimento através de uma rede bayesiana de inferência [3]. Para o diagnóstico do defeito de roçamento foi utilizada uma representação de conhecimento através da técnica de vizinhos mais próximos [4]. Para o diagnóstico das falhas de sensores foi aplicada uma representação de conhecimento baseada em regras de produção [5].

A metodologia desenvolvida no projeto RPDBCS já é capaz de realizar um tipo limitado de aprendizado. Na medida que os especialistas diagnosticam novos casos de defeitos em BCSs, eles indicam se o seu diagnóstico está de acordo ou não com o diagnóstico obtido aplicando-se a metodologia desenvolvida. Com base nesta indicação, a metodologia é capaz de ajustar os parâmetros que utiliza para realizar a inferência. No entanto, esse tipo de aprendizado não é suficiente pois permite apenas o ajuste dos valores relacionados as associações entre os espectros de vibração e os defeitos referidos. A inclusão de novas associações, novas características e novos defeitos não são contempladas na metodologia atual.

Além disso, a Petrobras dispõe de dados históricos de um sensor de vibração colocado nas BCSs em operação em campo que pode ser usado, juntamente, com o diagnóstico de falha desse equipamento (efetuado regularmente quando a BCS apresenta falha e é retirada do poço) para identificar inconsistências e ajustar a metodologia de diagnóstico atual.

Portanto, o objetivo primordial deste projeto é estudar e incorporar esses mecanismos de aprendizado na metodologia atual de análise e diagnóstico de BCSs.

Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada envolverá a revisão dos trabalhos existentes na literatura sobre técnicas de aquisição de conhecimento e aprendizado de máquina. Será proposta uma metodologia computacional visando permitir que o conhecimento usado na metodologia atual possa ser ajustado através de instruções do usuário ou a partir da constatação de falhas inferenciais. Essa metodologia será implementada em um sistema computacional para verificação experimental.

Bibliografia

[1] Rezende, S.O. (ed.) Sistemas Inteligentes – Fundamentos e Aplicações, Editora Manole, 2003.

[2] Takacs, G. Eletrical Submersible Pumps Manual – Design, Operations and Maintenance, Elsevier Inc., 2009.

[3] Bishop, C. M. Pattern Recognition and machine learning. Berlin: Springer, 2007.

[4] Wandekokem, E. W.; Mendel, E.; Fabris, F.; Valentim, M.; Varejão, F. M.; Rauber, T. W.; Batista, R. J.; Diagnosing multiple faults in oil rig motor pumps using support vector machine classifier ensembles. Integrated Computer-Aided Engineering, 18, pp. 61-74, 2011.

4 - PRAZO DE DURAÇÃO

O prazo previsto para a realização deste projeto é de trinta e seis meses. Será contratada uma fundação para apoiar a execução e gestão de referido projeto, conforme previsto no art. 1º, §2º do Decreto 5.205/2004.

5 - ENQUADRAMENTOS LEGAIS DO PROJETO

O presente projeto está amparado e rege-se pela Lei 8.958/94, Decreto nº 5.205/04 e Lei 8.666/93 e, para efeito de tipificação e enquadramento no âmbito do artigo 1º da Lei 8.958/94, classifica-se como Projeto de Pesquisa.

6 - JUSTIFICATIVA DA CONTRATAÇÃO DA FUNDAÇÃO DE APOIO

Apresentamos a seguir as razões pelas quais definimos a Fundação Espírito Santense de Tecnologia - FEST, como a Fundação de Apoio para execução dos serviços de gerenciamento dos recursos relativos a este projeto de pesquisa:

1. A FEST é uma instituição idônea, localizada dentro do Campus da UFES, em Goiabeiras, sendo de fácil acesso e apresentando boa disponibilidade de atendimento;
2. A FEST tem à disposição para consultar toda a documentação necessária, atualizada, para que possa realizar convênios e contratos com instituições públicas, isto é, todas as certidões negativas de débito junto aos diversos órgãos de controle e fiscalização;
3. A FEST já vem gerenciando vários convênios/contratos da UFES com outras instituições, tendo demonstrado bom desempenho no mesmo;
4. A FEST oferta preços compatíveis com os valores de mercado, de instituição especializada no ramo, na Praça de Vitória (ES), para execução dos serviços;
5. A FEST encontra-se constituída nos termos da legislação brasileira;
6. É próprio da finalidade da FEST, apoiar as diversas atividades originadas da instituição federal de Ensino Superior, dando maior flexibilidade às ações estabelecidas entre a UFES e a comunidade interessada sem seus serviços, nos estritos termos previstos na Lei 8.958/94;
7. A FEST realiza compras, locações, contrata serviços e obras, para atender as necessidades dos projetos apoiados, realizando as licitações pertinentes, nas hipóteses previstas em lei.

Diante do exposto, escolheu-se a FEST para ser responsável pela administração e aplicação dos recursos financeiros do projeto acima referido, visando a melhor funcionalidade praticidade do mesmo, e também, com a intenção de conservação do bem da União.

7 - ATRIBUIÇÕES DA FUNDAÇÃO DE APOIO

As atribuições principais da Fundação Espírito Santense de Tecnologia - FEST consistirão em:

A) abrir uma conta bancária específica para execução do projeto;

B) efetuar os pagamentos solicitados pelo Fiscal do Contrato conforme descrito no projeto;

C) manter atualizadas as informações sobre a aplicação dos recursos do projeto;

D) executar os serviços, compras e contratações estritamente de acordo com a Lei 8666/93, com as normas e com as especificações fornecidas pela Coordenação do Projeto e Ordenador de Despesa;

E) pagar, quando cabível, todos os encargos trabalhistas, previdenciários, fiscais e comerciais resultantes da execução do contrato, apresentando à

UFES a comprovação do efetivo recolhimento dos valores correspondentes à nota fiscal/fatura;

F) adquirir material de consumo e/ou permanente, equipamentos, conforme as especificações fornecidas pela UFES de acordo com as disposições contidas na Lei nº 8.666/93;

G) repassar à UFES, quando cabível, todo material permanente adquirido para a execução do projeto, de modo que os bens adquiridos passarão a fazer parte do acervo da UFES através de doação, que deverá ser efetuada até o ano seguinte da compra, em atendimento ao Acórdão 483/ 2005 - TCU - Plenário;

H) contratar serviços de terceiros e/ou de pessoa jurídica, quando cabíveis e solicitados pelo coordenador do projeto, de acordo com as disposições contidas na Lei 8.666/93, observando o disposto no parágrafo único do artigo 3º do Decreto nº 5.205/2004, quando houver a utilização de recursos públicos;

I) devolver à UFES, por meio de GRU, o saldo existente por ocasião do término ou da rescisão do contrato em prazo máximo de 48 (quarenta e oito) horas, incluindo-se aí os recursos resultantes da aplicação financeira dos saldos em caixa;

J) responsabilizar-se pelos danos causados diretamente à Administração ou a terceiros, decorrentes de sua culpa ou dolo na execução do contrato;

K) manter durante a vigência do contrato todas as condições de habilitação e qualificação exigidas na Lei nº 8666/93;

L) apresentar, sempre que solicitado, as informações contábeis relacionadas ao Projeto;

M) atender, no prazo de 24 (vinte e quatro) horas, quaisquer notificações da UFES, relativas a irregularidades praticadas por seus empregados, bem como ao descumprimento de qualquer obrigação contratual;

N) prestar contas parciais semestralmente. A prestação de contas final da execução do projeto dar-se-á dentro de 60 (sessenta) dias após o término da vigência do contrato e será feita ao Conselho Universitário da UFES.

8 - PERÍODO DE VIGÊNCIA DO CONTRATO COM A FUNDAÇÃO DE APOIO

O contrato a ser firmado com a Fundação de Apoio terá vigência de trinta e seis meses a partir de sua assinatura.

9 - COORDENAÇÃO DO PROJETO

A Coordenação do Projeto ficará a cargo do servidor Flávio Miguel Varejão, matrícula SIAPE 297887, lotado no Departamento de Informática, a quem caberá dentre outras as atribuições previstas no Art. 2º, § 2º da Portaria 489 do Gabinete do Reitor.

10 - CARGA HORÁRIA ATRIBUÍDA À ATIVIDADE DE COORDENAÇÃO

A carga horária que será atribuída à atividade de Coordenador do Projeto é de 4 (quatro) horas mensais.

11 - FISCALIZAÇÃO DO CONTRATO A SER FIRMADO COM A FUNDAÇÃO DE APOIO

A Fiscalização do Contrato ficará a cargo da servidora Maria Claudia Silva Boeres, matrícula SIAPE 1172883, lotado no Departamento de Informática, a quem caberá dentre outras as atribuições previstas no Art. 2°, § 3° da Portaria 489 do Gabinete do Reitor.

12- CARGA HORÁRIA ATRIBUÍDA À FISCALIZAÇÃO DO PROJETO

A carga horária que será atribuída à atividade de Fiscal do Projeto/Gestor do Contrato é de 2 (duas) horas mensais.

13- PARTICIPANTES BOLSISTAS VINCULADOS À UNIVERSIDADE

NOME	CPF	SIAPE	BOLSA
Alexandre Loureiros Rodrigues	088.444.5[illegible]7-73	1764241	R$ 2.400,00
Flávio Miguel Varejão	925.394.8[illegible]7-04	297887	R$ 6.160,00
Thomas Walter Rauber	053.161.6[illegible]7-51	2201072	R$ 2.000,00
Thiago Oliveira dos Santos	083.409.4[illegible]7-08	2023810	R$ 2.000,00
Vítor Estêvão Silva Souza	089.902.5[illegible]7-63	2525114	R$ 2.000,00

14 - RECURSOS FINANCEIROS E PLANILHA DE RECEITAS E DESPESAS

Planilha de Receitas e Despesas do Projeto, em conformidade com o modelo adotado pela Resolução nº 24/2003-CONSUNI em anexo.

14.1 - Receitas:

Os recursos para implementação do projeto serão originados da Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS. Sociedade de Economia Mista, CNPJ/MF nº 33.000.167/0001-01, como parte dos investimentos em Participações Especiais regulamentadas pela Lei do Petróleo, sob fiscalização da Agência Nacional de Petróleo - ANP.

Os recursos para implementação do projeto serão provenientes de Convênio a ser firmado entre a UFES e a PETROBRAS, e serão depositados na conta única

da UFES e, posteriormente, repa sados à fundação que será contratada para apoiar a execução e gerenciamen o do projeto.

A receita financeira do projeto ı ão é variável e especificada no modelo de orçamento da Resolução nº 24/20)8-CONSUNI.

14.2 - Despesas:

a) Detalhamento das despesas e descrição sucinta

Pessoa Física

Descrição	Valor (R$)
36 meses de bolsa para Pesquisad r Doutor II (professor quadro UFES)	221.760,00
36 meses de bolsa para Pesquisador D utor I (professor quadro UFES)	86.400,00
36 meses de bolsa para Pesquisador D utor I (professor quadro UFES)	72.000,00
20 meses de bolsa para Doutorando (I outorado em Informática UFES)	48.480,00
36 meses de bolsa para Mestrando (M strado em Informática UFES)	60.048,00
26 meses de salário para Assistente A ministrativo (celetista)	34.880,30
36 meses de bolsas de Iniciação Cien ífica para 7 Graduandos (Cursos de Engenharia da Computação e Ciên ia da Computação da UFES)	120.960,00
20 meses de bolsas de Iniciação Cier ífica para 1 Graduando (Cursos de Engenharia da Computação e Ciên ia da Computação da UFES)	9.600,00
20 meses de bolsa Pesquisador Doutor I (Professor quadro UFES)	40.000,00
20 meses de bolsa Pesquisador Doutor I (Professor quadro UFES)	40.000,00
Encargos Sociais (37,10% sobre celeti tas)	12.940,59
Fundo de Rescisão (40,40% sobre cel tistas)	14.091,64
Diárias	33.000,00
Total	**794.160,53**

Pessoa Jurídica

Descrição	Valor (R$)
Material de consumo	14.400,00
Livros científicos	0,00
Despesas com alimentação em viagen	0,00
Despesas com hospedagem em viagen	0,00
Passagens aéreas	56.000,00
Despesas com locomoção	0,00
Despesas administrativas da fundação contratada	49.800,11
Ressarcimento UFES	29.880,07
ISS-QN	0,00
Desenvolvimento do ensino, pesquisa extensão	18.600,22
Equipamentos e material permanente	78.000,00
Obras e instalações	3.000,00
Serviços de terceiros	15.200,00
Vale transporte	25.881,71
Vale Alimentação	9.360,00

Total	**300.122,11**

b) Planilha de Custos Operacionais da Fundação de Apoio: manteve-se inalterada, cujo total é exatamente igual ao valor consignado na Planilha de Receitas e Despesas do Projeto.

14.3 - Destinação dos Saldos Remanescentes

Havendo saldo positivo, os recursos disponíveis serão devolvidos à PETROBRAS.

15- RECURSOS FINANCEIROS E PLANILHA DE RECEITAS E DESPESAS

Vitória/ES, 10 de Julho de 2017.

Flávio Miguel Varejão

Coordenador do Projeto

EXPANSÃO DOS MECANISMOS DE AP ENDIZADO NA METODOLOGIA DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES E DEFEITOS EM SISTEMAS DE BOMBEIO CENTRIFU O SUBMERSO PLANILHA DE RECEIT S E DESPESAS	Valores em Reais (R$)
RECEITA S	**PREVISTO**
1 – RECEITA PRINCIPAL DO PROJETO	R$ 1.094.282,64
2 – OUTRAS RECEITAS DO PROJETO	R$ 0,00
TOTAL DA RECEITA	R$ 1.094.282,64
DESPES S	**PREVISTO**
3 – PESSOA FÍSICA (S EM VÍNCULO)	
3.1 - SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E A XILIARES	
3.1.1 – Coordenação Geral	R$ 0,00
3.1.2 – Assistentes Administrativos	R$ 0,00
3.1.3 – Estagiários	R$ 0,00
3.1.4 – Diárias	R$ 0,00
3.1.5 – Outros Serviços de Terceiros	R$ 0,00
3.1.6 – INSS (20% sobre 3.1, exceto 3.1.3 3.1.4)	R$ 0,00
SUBTOTAL	R$ 0,00
3.2 - ATIVIDADES FIM DO PROJETO	
3.2.1 – Atividades Didáticas (X horas x VAL OR hora/aula)	R$ 0,00
3.2.2 – Estagiários	R$ 0,00
3.2.3 – Diárias	R$ 33.000,00
3.2.4 – Outros Serviços de Terceiros	R$ 0,00
3.2.5 – Outros Serviços de Terceiros	R$ 0,00
3.2.6 – INSS (20% sobre 3.2, exceto 3.2.2 3.2.3)	R$ 0,00
SUBTOTAL	R$ 33.000,00
3.3 - BOLSAS	
3.3.1 – Bolsa de Pesquisa (20 meses x 2.4 4,00)	R$ 48.480,00
3.3.2 – Bolsa de Pesquisa (36 meses x 1.6 8,00)	R$ 60.048,00
3.3.3 – Bolsa de Pesquisa (07 bolsistas x 3 meses x 480,00)	R$ 120.960,00
3.3.3 – Bolsa de Pesquisa (36 meses x 6.1 0,00)	R$ 221.760,00
3.3.3 – Bolsa de Pesquisa (36 meses x 2.0 0,00)	R$ 72.000,00
3.3.4 – Bolsa de Pesquisa (36 meses x 240 ,00)	R$ 86.400,00
3.3.5 – Bolsa de Pesquisa (20 meses x 2.0 0,00)	R$ 40.000,00
3.3.6 – Bolsa de Pesquisa (20 meses x 2.0 0,00)	R$ 40.000,00
3.3.7 – Bolsa de Pesquisa (20 meses x 480 00)	R$ 9.600,00
SUBTOTAL	R$ 699.248,00
4 – PESSOA FÍSICA (COM VÍNCULO O M A FUNDAÇÃO DE APOIO)	
4.1 - SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E A XILIARES	
4.1.1 – Pessoal Celetista	R$ 0,00
4.1.2 – Encargos Sociais (37,10% sobre 4. 1)	R$ 0,00
4.1.3 – Fundo de Rescisão (40,40% sobre 1.1)	R$ 0,00
4.1.4 – Vale Transporte	R$ 0,00
4.1.5 – Vale Alimentação	R$ 0,00
SUBTOTAL	R$ 0,00
4.2 - ATIVIDADES FIM DO PROJETO	
4.2.1 – Pessoal Celetista (26 meses x 1.34 55)	R$ 34.880,30
4.2.2 – Encargos Sociais (37,10% sobre 4. 1)	R$ 12.940,59
4.2.3 – Fundo de Rescisão (40,40% sobre 2.1)	R$ 14.091,64

4.2.4 – Vale Transporte	R$ 25.881,71
4.2.5 – Vale Alimentação	R$ 9.360,00
SUBTOTAL	R$ 97.154,24
5 – PESSOA JURÍDICA	
5.1 – Material de Consumo	R$ 14.400,00
5.2 – Aquisição de Equipamentos e Material Permanente nacional	R$ 78.000,00
5.3 – Aquisição de Equipamentos e Material Permanente importado	R$ 0,00
5.4 – Despesas acessórias de importação	R$ 0,00
5.5 – Despesas com transporte (combustível, pedágio, taxi, etc)	R$ 0,00
5.6 – Passagens	R$ 56.000,00
5.7 – Hospedagem	R$ 0,00
5.8 – Alimentação	R$ 0,00
5.9 – Divulgação e Publicidade	R$ 0,00
5.10 – Serviços Técnicos e de Consultoria	R$ 0,00
5.11 – Custo Operacional da Fundação	R$ 49.800,11
5.12 – Adequações de instalação ou pequenas obras	R$ 3.000,00
5.13 – Outros Serviços de Terceiros (Pessoa Jurídica)	R$ 15.200,00
5.14 – Despesas Bancárias	R$ 0,00
SUBTOTAL	R$ 216.400,11
6 – OUTRAS DESPESAS	
6.1 – Desenvolvimento do Ensino, da Pesquisa e da Extensão (10%)	R$ 18.600,22
6.2 – Ressarcimento à UFES (3%)	R$ 29.880,07
6.3 – Reserva Técnica de Contingência (5%)	
SUBTOTAL	R$ 48.480,29
7 – RESUMO DAS DESPESAS	
7.1 – PESSOA FÍSICA (SEM VÍNCULO)	R$ 33.000,00
7.2 – PESSOA FÍSICA (COM VÍNCULO)	R$ 97.154,24
7.3 – BOLSAS	R$ 699.248,00
7.4 – PESSOA JURÍDICA	R$ 216.400,11
7.5 – OUTRAS DESPESAS	R$ 48.480,29
TOTAL DA DESPESA	R$ 1.094.282,64