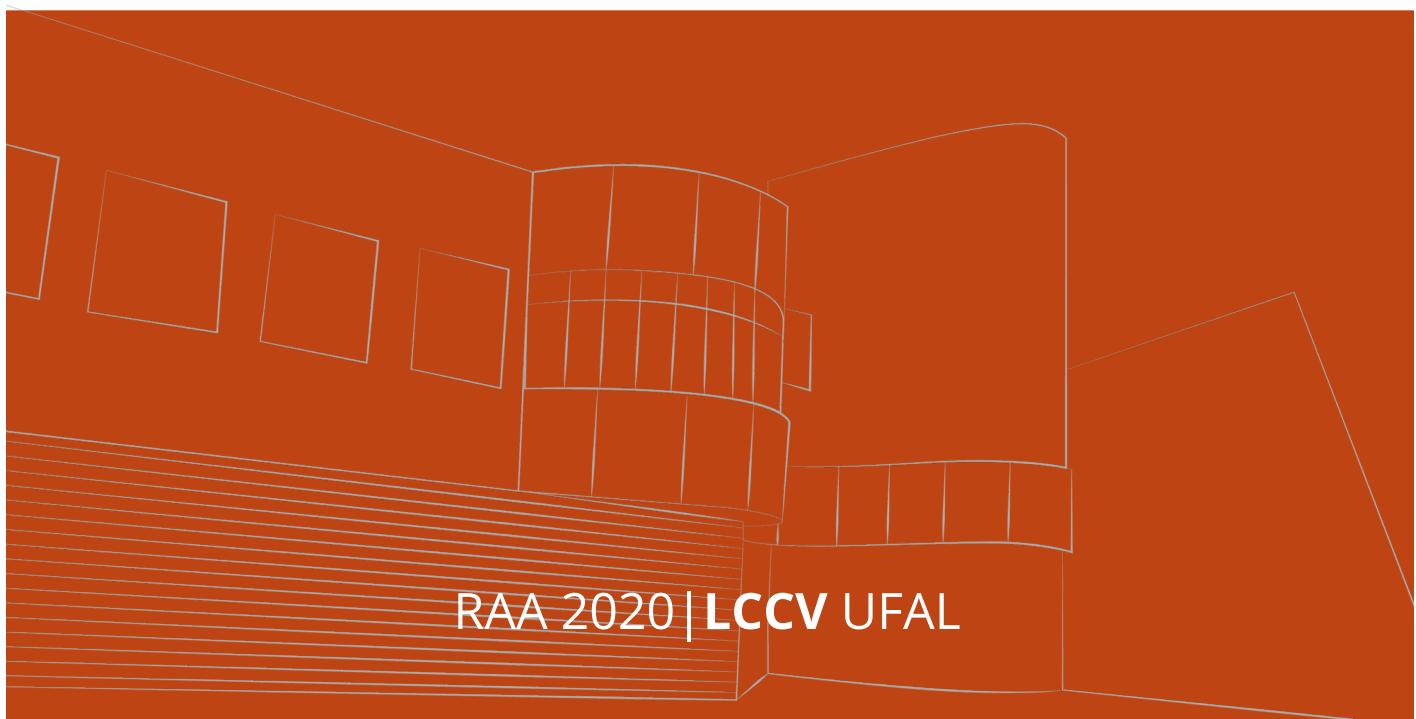




**LCCV**  
RAA 2020

## CADERNO DE RESUMOS

### X Reunião Anual de Acompanhamento Laboratório de Computação Científica e Visualização



RAA 2020 | **LCCV UFAL**

# **CADERNO DE RESUMOS**

## X Reunião Anual de Acompanhamento

Laboratório de Computação Científica e Visualização - LCCV  
Centro de Tecnologia - CTEC  
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió, Alagoas  
2020

## PREFÁCIO

O Laboratório de Computação Científica e Visualização (LCCV), do Centro de Tecnologia (CTEC), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), surgiu a partir de um histórico de intensa colaboração e parceria com a Petrobras, por meio do seu Centro de Pesquisa (CENPES), e com outras grandes universidades brasileiras. Nesse contexto, o LCCV/UFAL está há mais de uma década contribuindoativamente para a solução de problemas complexos de engenharia nas áreas de Petróleo e Gás e, mais recentemente, na área de transformação digital. O know-how adquirido pelo LCCV/UFAL com o desenvolvimento de ferramentas computacionais e estudos complexos habilitou este laboratório a extrapolar a área de Petróleo e Gás, realizando estudos avançados nas temáticas relativas ao que se denomina de ‘Industria 4.0’ ou ‘4<sup>a</sup> Revolução Industrial’. A Reunião Anual de Acompanhamento (RAA) é uma iniciativa da Coordenação do Laboratório com o intuito de compartilhar e integrar saberes, por meio da apresentação das atividades relacionada aos trabalhos e projetos desenvolvidos ao longo de cada ano pelos colaboradores do LCCV. Já consolidada desde 2011, o evento, além de ser uma oportunidade de entrosamento do grupo e de intercâmbio de conhecimentos, é um meio para mensurar o comprometimento e desempenho dos integrantes na realização de suas atividades, e permite uma visão geral do papel que cada um desempenha no LCCV. Os efeitos do COVID-19 foram noticiados em todo o mundo e configurou para o ano de 2020 um marco nas mudanças conjunturais. O epicentro da doença que se iniciou na China foi rapidamente se alastrando pelo mundo e com ela abalos perceptíveis na economia mundial exigiu dos diversos setores produtivos atitudes de reestruturação de ativos e contenção de gastos, sendo a cadeia de petróleo e gás um desses setores. O LCCV como agente dessa cadeia vivencia hoje o impacto de algumas dessas medidas e por isso estratégias de otimização de recursos e descontinuidade de projetos foram implementadas. Ao mesmo tempo, considerando a máxima de que as crises possibilitam um novo olhar para as oportunidades, foi possível desenvolver ações de enfrentamento, a exemplo do Projeto Gestão e Projeto de Produção Máscaras e a estruturação de projetos de Inovação para o Edital Petrobras-Sebrae. É com esse espírito de resiliência, aproveitando a força de todos os nossos colaboradores, que nos adaptamos à nova conjuntura e garantimos a continuidade do nosso trabalho. Atualmente, o LCCV conta com cerca de 110 integrantes, entre alunos, pesquisadores, técnicos e professores que desenvolvem projetos nas seguintes áreas de atuação: Engenharia Naval e Oceânica; Tecnologia em Dutos e Risers; Engenharia de Poços; Geologia Estrutural; Escorregamentos Submarinos; Geomecânica Salina; Sistemas de Monitoramento e Distribuição; Otimização Topológica; Manufatura Aditiva, dentre outras.

**Universidade Federal de Alagoas - UFAL**

Reitor: Josealdo Tonholo

Vice-reitora: Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

**Centro de Tecnologia - CTEC**

Diretor: Vladimir Caramori Borges de Souza

Vice-diretor: Roberto Barbosa dos Santos

**Laboratório de Computação Científica e Visualização - LCCV**

Adeildo Soares Ramos Jr.

Aline da Silva Ramos Barboza

Eduardo Nobre Lages

Eduardo Setton Sampaio da Silveira

William Wagner Matos Lira

**Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa - FUNDEPES**

Presidente: Ricardo Antonio de Barros Wanderley

Vice-presidente: Taciana Melo dos Santos

**Revisores de Conteúdo Técnico-Científico**

Catarina Nogueira de Araújo Fernandes

Christiano Augusto Ferrario Váraday Filho

Daniel de Melo Pimentel

Daniell Pontes Silva

Diego de Vasconcelos Gonçalves Ferreira

Diogo Tenório Cintra

Fábio Martins Gonçalves Ferreira

Hélio de Farias Costa Peixoto

João Paulo Nogueira de Araújo

Josué Domingos da Silva Neto

Leandro Melo de Sales

Luciana Correia Laurindo Martins Vieira

Ricardo Albuquerque Fernandes

Thiago Barbosa da Silva

Tiago Peixoto da Silva Lobo

**Design da Capa**

Karolayne da Silva Gomes

**Créditos da Foto da Capa**

Kaio Fragoso

# Sumário

<b>1 Projetos</b>	<b>8</b>
1.1 Produção de EPI's utilizando manufatura aditiva para doação a profissionais de saúde envolvidos no enfrentamento da COVID-19 em Alagoas . . . . .	9
1.2 Métodos Computacionais para Análise de Linhas de Ancoragem e Risers no Programa DYNASIM Módulo DOOLINES . . . . .	10
1.3 Desenvolvimento e institucionalização do modelo de gestão integrada do LCCV . . . . .	11
1.4 Ferramenta Numérica Customizada (IntegriSpan) para Análise e Validação Experimental de Fadiga em Dutos Rígidos com Vãos-Livres Submetidos a VIV . . . . .	12
1.5 Modelagem Computacional de Falhas Geológicas e suas Zonas de Danos (MODFAL) .	13
1.6 Modelagem Numérica de Interação Duto-Escorregamentos Submarinos através do Método dos Pontos Materiais . . . . .	14
1.7 Desenvolvimento de uma Plataforma Web Colaborativa Baseada na Integração de Simuladores para Elaboração de Projetos de Engenharia Naval e Submarina na Era da Transformação Digital (Naval-SubWEB) . . . . .	15
1.8 Modelos e Ferramentas Computacionais para Apoio ao Dimensionamento de Revestimentos de Poços . . . . .	16
1.9 Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais para Modelagem em Tempo Real da Integridade de Estrutura de Poço . . . . .	17
1.10 Estudos e Desenvolvimentos Associados à Geomecânica do Sal . . . . .	18
1.11 Estratégias e ferramentas computacionais para previsão de desgaste mecânico em tubulares de revestimento em poços de petróleo (SIMWEAR) . . . . .	19
1.12 SESTSOLOS: Técnicas de modelagem numérica aplicadas à estimativa de propriedades de solo para projetos de poços de petróleo . . . . .	20
<b>2 Gestão</b>	<b>21</b>
2.1 Django como ferramenta de desenvolvimento ágil . . . . .	22
2.2 Elaboração de um Modelo de Governança Corporativa para o LCCV . . . . .	23
2.3 Metodologia para criação e organização de políticas de gestão no LCCV . . . . .	24
2.4 Modelo de gestão do conhecimento do LCCV . . . . .	25
2.5 O uso de ontologias para especificação de modelos: um caso de gestão documental .	26
2.6 Powtoon como ferramenta para criação de vídeos institucionais . . . . .	27
2.7 Relatório gerencial como instrumento de governança corporativa . . . . .	28
2.8 Utilizando o Highcharts para construção de gráficos interativos . . . . .	29
2.9 Weasyprint como ferramenta para desenvolvimento de relatórios Python . . . . .	30
<b>3 Dutos e Risers</b>	<b>31</b>
3.1 <i>Wrapper</i> em Lua do DOOLINES . . . . .	32
3.2 Ferramentas para otimização de sistemas de ancoragem . . . . .	33
3.3 Modelagem da força de colisão entre linhas no DOOLINES . . . . .	34
3.4 Atualização do manual do framework DOOLINES . . . . .	35
3.5 Estudo e Implementação de Ferramenta de Teste Funcional Integrada ao Ambiente de Desenvolvimento do framework DOOLINES . . . . .	36

3.6	Modelo de simulação dinâmica para linhas de ancoragem em configuração catenária . . . . .	37
3.7	Estudo e implementação do cálculo de vibrações induzidas por vórtices . . . . .	38
3.8	Desenvolvimento de uma ferramenta web para modelagem de dutos rígidos submarinos . . . . .	39
3.9	Avaliação da influência do comprimento do vão adjacente no comportamento multivão . . . . .	40
3.10	Calibração do máximo comprimento de ombro admissível para modelos simplificados de avaliação de dutos em vãos livres . . . . .	41
3.11	Estudo paramétrico em dutos rígidos com vãos-livres por meio de técnicas de DOE . . . . .	42
3.12	Desenvolvimento de uma ferramenta web para análise de fadiga em dutos rígidos submarinos. . . . .	43
3.13	Modelagem e implementação do <i>backend</i> para a aplicação IntegriSpan . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Engenharia de Poços</b>	<b>45</b>
4.1	Algoritmo de Árvore Binária de Busca Aplicada à Seleção de Revestimentos de Poços Baseado em Mínimo Custo . . . . .	46
4.2	Uma Abordagem Probabilística na Avaliação da Integridade Estrutural de Poços de Petróleo . . . . .	47
4.3	Modelos de Otimização Baseada em Confiabilidade Aplicados à Integridade de Revestimentos de Poços . . . . .	48
4.4	Análise Numérica da Resistência ao Colapso em Tubulares de Revestimento de Poços Dotados de Imperfeições de Manufatura e Desgaste . . . . .	49
4.5	Aplicação Web de Apoio ao Projeto de Tubos de Revestimentos no Sistema SAEP . . . . .	50
4.6	Efeito da correlação entre variáveis aleatórias em projetos de revestimento . . . . .	51
4.7	Modelo para o cálculo dos perfis de temperatura dos revestimentos e anulares de poços de petróleo . . . . .	52
4.8	Contribuição ao Estudo de Interação entre Colunas de Revestimento, levando em conta o Crescimento de Pressão em Anulares Confinados (APB) . . . . .	53
4.9	Validação e Teste de um Sistema de Detecção de Anomalias em Poços de Óleo e Gás . . . . .	54
4.10	Uma ferramenta para detectar anomalias de produção utilizando aprendizagem profunda e árvore de decisão . . . . .	55
4.11	Técnicas de Aprendizado de Máquina Aplicadas à Detecção de Anomalias em Poços de Óleo e Gás em Fase de Produção . . . . .	56
4.12	Mineração de Dados de tempo real em poços de óleo e gás . . . . .	57
4.13	Estudo da correlação por regressão linear entre séries temporais para detecção de comunicação coluna-anular em poços de petróleo . . . . .	58
4.14	Classificação e impacto estrutural de anomalias de produção de petróleo baseado em dados históricos . . . . .	59
4.15	Análise de textos de anomalias em poços de petróleo: extração e avaliação de métodos e resultados . . . . .	60
4.16	Avaliação de um elemento finito especial na análise axissimétrica de poços verticais perfurados em rochas salinas . . . . .	61
4.17	Incorporação de um Modelo de Dano à Modelagem Viscoelástica de Rochas Salinas . . . . .	62
4.18	Análise de confiabilidade estrutural em poços de petróleo perfurados em formações salinas . . . . .	63
4.19	SESTSAL - Um Sistema Computacional para Projetar a Perfuração de Poços em Fases de Sal . . . . .	64
4.20	Influência de estratégias numéricas de perfuração na simulação do fechamento de poços verticais no pré-sal . . . . .	65
4.21	Desenvolvimento de rotinas para automatização de modelagens e verificações do simulador SESTSAL . . . . .	66
4.22	Uma abordagem alternativa para rápidas simulações de perfuração de poços de petróleo no pré-sal . . . . .	67
4.23	Estudo do Refinamento de Malha na Modelagem Computacional de Poços Verticais em Rochas Salinas . . . . .	68

4.24	Contribuição à modelagem do repasse em poços verticais em rochas salinas . . . . .	69
4.25	Análise de sensibilidade de parâmetros constitutivos de rochas salinas na avaliação do comportamento de anulares de poços verticais . . . . .	70
4.26	Estudo Numérico de Ensaios Triaxiais Aplicado à Perfuração de Poços em Rochas Salinas	71
4.27	Modelagem Termomecânica do Crescimento de Pressão em Anulares Confinados em Poços de Petróleo na Presença de Evaporitos . . . . .	72
4.28	Análise Estatística de Dados de Perfilagem Ultrassônica em Revestimento de Poços .	73
4.29	Método para identificar regiões críticas de desgaste no revestimento de poços . . . . .	74
4.30	Estimativa das zonas de conexões por meio de dados de perfilagem na quantificação de desgaste . . . . .	75
4.31	Análise de sensibilidade aplicada ao estudo do desgaste em poços . . . . .	76
4.32	Planejamento direcional de poços de petróleo . . . . .	77
4.33	Elaboração de modelos de previsões para a trajetória de perfuração de poços de petróleo	78
4.34	Análise dos modelos de tortuosidade em trajetórias para quantificação da força de contato pelo método do torque e arraste . . . . .	79
4.35	Estudo sobre a distribuição de peso e torque no processo de alargamento . . . . .	80
4.36	Utilização de testes automatizados para segurança e funcionamento das aplicações .	81
4.37	Code-review para aumentar a qualidade do desenvolvimento de software. . . . .	82
4.38	Otimizando a performance na renderização de dados em tabela. . . . .	83
4.39	Uma abordagem a Reactive Programming . . . . .	84
4.40	Aplicação de estratégias de usabilidade na otimização de GUIs e de ambientes interativos de visualização . . . . .	85
4.41	Métodos de controle de resultados em aplicações assíncronas . . . . .	86
4.42	Modelagem Numérica da Cravação de um Revestimento Condutor pelo Método dos Elementos Finitos . . . . .	87
4.43	Variação dos dados medidos de CPTu no solo marinho brasileiro . . . . .	88
4.44	Ferramenta de Interface Gráfica para a Utilização em Programa de Caracterização Geotécnica Aplicada à Fase Inicial de Projeto de Poço . . . . .	89
4.45	Análise Paramétrica do Jateamento de Revestimento Condutor em Solo Argiloso . .	90
4.46	Modelagem da instalação de revestimento condutor por jateamento utilizando uma abordagem LBM/FEM . . . . .	91
4.47	Análises da Intereração Solo-Revestimento Durante e Após a Instalação do Revestimento Condutor . . . . .	92

<b>5</b>	<b>Engenharia Oceânica</b>	<b>93</b>
5.1	Metodologia para Cálculo da Pressão de Contato no Método dos Pontos Materiais .	94
5.2	Modelagem Numérica de Experimentos de Centrífuga Utilizando o Método dos Pontos Materiais . . . . .	95
5.3	Caixa de Ferramentas na Linguagem Python para Geração dos Scripts de Modelagem do Programa e-Sub . . . . .	96
5.4	Nova Abordagem de Inicialização de Partículas Utilizando o Método dos Pontos Materiais	97
5.5	Estudo e implementação do modelo visco-plástico de Herschel-Bulkley para escorregamentos submarinos . . . . .	98
5.6	Aplicações numéricas de escorregamentos submarinos utilizando o modelo visco-plástico de Herschel-Bulkley . . . . .	99
5.7	Cálculo numérico da vazão mássica no software E-Sub . . . . .	100
5.8	Simulando contato com o Método dos Pontos Materiais . . . . .	101
5.9	Validação de Simulação Computacional de Sobrecarga de um Pilar por Meio do Método dos Pontos Materiais . . . . .	102
5.10	Desenvolvimento de uma biblioteca para a leitura de arquivos de simulações computacionais de larga escala no software E-sub . . . . .	103
5.11	Uma nova metodologia para a impressão de arquivos em Sistema de Memória Distribuída	104

5.12	Estudo paramétrico de escorregamentos submarinos utilizando o MPM . . . . .	105
5.13	Desenvolvimento de uma abordagem reduzida da técnica RCB aplicada ao Método dos Pontos Materiais . . . . .	106
5.14	Implementação de técnica de ressemeamento de partículas para o MPM . . . . .	107
5.15	Análise numérica de penetração de cilindro (T-bar) para quantificação da resistência não drenada de solos moles . . . . .	108
5.16	Implantação da metodologia Ágil(Scrum) no processo de Transformação e Inovação Digital no desenvolvimento dos Portais NavalWeb e SubWeb . . . . .	109
5.17	Banco de Acessórios - Gerenciamento de Dados Básicos de Acessórios de Dutos Flexíveis	110
5.18	Boca de Sino - Análise Estrutural de Boca de Sino . . . . .	111
5.19	Envelopes de Qualificação - Gerenciamento de Dados Básicos de Qualificação de Materiais de Dutos Flexíveis . . . . .	112
5.20	Wiki do Projeto NavalSubWeb e Canal de Comunicação . . . . .	113
5.21	Sistemas Navais - Aplicação do portal NavalWeb . . . . .	114
5.22	Sistemas Navais - Aplicação de Grafos . . . . .	115
5.23	Implementação de Um Serviço de Requisição de Dados Relacionais e Remotos de Listas de Elementos de Engenharia Naval . . . . .	116
5.24	SQUID - Uma plataforma de integração de software para a transformação digital em engenharia . . . . .	117
5.25	SQUID Core - Gerenciamento interno de portais web para aplicações de engenharia .	118
5.26	SQUID Reports - Um serviço web de geração de relatórios integrado aos portais do NavalSubweb . . . . .	119
5.27	SQUID Storage - Um serviço web de armazenamento de arquivos integrado aos portais do NavalSubweb . . . . .	120
5.28	SubWeb - Portal de Aplicações e Dados da Engenharia Submarina . . . . .	121
5.29	twistAR - Análise da Curva de Giro Axial em Função do Número de Arames Rompidos na Gestão de Integridade de Dutos Flexíveis . . . . .	122
5.30	Detecção e Reconhecimento Semi-automático de Texto em Diagramas de Acessórios Submarinos . . . . .	123
<b>6</b>	<b>Manufatura Aditiva</b>	<b>124</b>
6.1	Desenvolvimento de haste de laringoscópio de baixo custo para treinamento de equipes médicas que realizam intubação de pacientes com COVID-19 . . . . .	125
6.2	Distribuição de Face Shields impressas em 3D para enfrentamento da pandemia da COVID-19 . . . . .	126
6.3	Processo de desenvolvimento e otimização de protetores faciais para produção por fabricação digital . . . . .	127
6.4	Novos desafios na pandemia: Recrutando e gerenciando uma equipe nova e multidisciplinar remotamente para contribuir no enfrentamento da COVID-19 . . . . .	128
6.5	Produção de 12 mil protetores faciais com fabricação digital durante a pandemia . .	129
6.6	Controle de estoque: Mantendo o gerenciamento de material na produção de 12 mil protetores faciais . . . . .	130
6.7	Processo de acabamento e montagem: desafios para se atingir perdas mínimas de material	131
<b>7</b>	<b>Outras Aplicações</b>	<b>132</b>
7.1	Modelagem no DEMOOP de falhas geológicas tridimensionais com geometrias curvas	133

The background features a minimalist design with four concentric circles in light gray. A central heart shape is formed by two overlapping circles, also in light gray. The word "Projetos" is centered within this heart.

Projetos

# Produção de EPI's utilizando manufatura aditiva para doação a profissionais de saúde envolvidos no enfrentamento da COVID-19 em Alagoas

**Adeildo S. Ramos Júnior** (adramos@lccv.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Eduardo Quintella Florêncio, José Adeilson Amorim, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto, Bárbara Yaskhara Fernandes, Danielle Maria Silva, Ewerton Lopes Mello, Joyce S. S. Santos, Lisley L. Santos Leão, Maylla G. Cabral, Roberto J. M. Cavalcante, Valéria P. S. Alcântara, Vinicius S. Guilherme, Weslley S. Rocha, Lucas G. O. Lopes, Gabriel R. Domingos

**Projeto de Extensão**, Multidisciplinar

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

No combate ao coronavírus foram necessárias ações rápidas e complexas. Só é possível atender às demandas que surgem se existir uma base tecnológica e científica bem construída. É preciso utilizar as tecnologias disponíveis de forma inteligente e criativa para enfrentar desafios inéditos. Sendo assim, este projeto objetiva contribuir no atendimento a demandas urgentes do sistema de saúde por meio da utilização de tecnologias de fabricação digital.

## Metodologia

Esta atividade iniciou-se no final de março, contando com trabalho voluntário de membros do LCCV e doações de empresas locais, momento em que foram produzidos e doados cerca de 1600 protetores faciais. Numa segunda fase, utilizando recursos liberados pelo MPT e UFAL, foram produzidos e doados 12mil protetores faciais destinados às unidades de saúde de todo o Estado, instituições de caridade e assistência social. Utilizam-se impressão 3D e corte a laser na produção desses itens. Outras necessidades locais também foram atendidas, como modelagem e fabricação de peças de reposição para ventiladores mecânicos e desen-

volvimento e impressão 3D de hastes de laringoscópio de baixo custo para treinamento de equipes de intubação (ver Figura 1).



Figura 1: Protetores faciais, conexões para ventiladores mecânicos e hastes de laringoscópio para intubação.

## Resultados

O uso da fabricação digital (impressão 3D e corte a laser) para auxiliar as equipes envolvidas diretamente com o enfrentamento da pandemia de COVID-19 se mostrou eficaz. Nossa equipe passou pela experiência de em questão de dias precisar se mobilizar e adaptar equipamentos e procedimentos originalmente destinados a aplicações de engenharia para aplicações médicas. Esse tipo de resposta rápida só é possível quando há base tecnológica e científica de qualidade e pessoas com responsabilidade social

# Métodos Computacionais para Análise de Linhas de Ancoragem e Risers no Programa DYNASIM Módulo DOOLINES

**Eduardo N. Lages** (enl@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Heleno P. Bezerra Neto, Michele A. L. Martins, Gabriel R. Domingos, Aline R. Nunes, Márcia Eduarda R. Martins, Milton M. G. Santos, Pedro Henrique R. M. Bastos

## Projeto de P&D

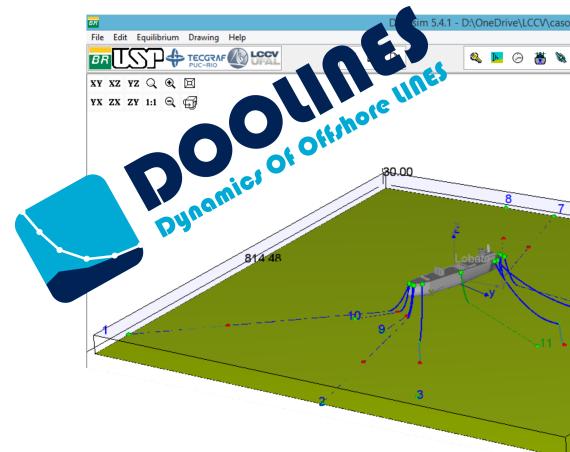
Duração: 60 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, TECGRAF e TPN/USP, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O módulo de linhas de ancoragem e de produção do sistema DYNASIM da Petrobras, denominado DOOLINES, possibilita a análise estática e dinâmica não linear dessas linhas pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), levando-se em consideração os efeitos de ondas, correntezas, boias, poitas, etc. O DYNASIM é um ambiente computacional que integra módulos de pré-processamento, análise e pós-processamento, para análise dinâmica não linear no domínio do tempo de plataformas offshore juntamente com os respectivos sistemas de ancoragem e risers. Sistemas computacionais como esse desempenham papel fundamental nas etapas de projeto, instalação e operação dessas estruturas, uma vez que permitem ao projetista prever antecipadamente o comportamento da estrutura projetada sob diversas condições de carregamento. Diante desse cenário, este projeto pretende atuar na

redução de custo da elaboração de arranjo submarino de risers e dutos por meio de sua interação com o sistema de ancoragem, visando a otimizá-lo mantendo a segurança e reduzindo os custos.



## Metodologia

De uma forma geral, cada atividade de desenvolvimento neste projeto será iniciada com uma revisão da literatura científica, visando identificar formulações disponíveis para o tratamento dos fenômenos considerados, ajustando-as quando necessário. As implementações que se restringem exclusivamente ao DOOLINES serão acompanhadas de testes de verificação a partir de exemplos básicos que apresentem soluções analíticas e/ou numéricas em outros ambientes computacionais equivalentes, quando passarão a integrar a versão completa do ambiente DYNASIM.

## Resultados

Ao final deste projeto, espera-se contribuir com o conhecimento acerca da modelagem numérica de sistema de ancoragem e risers. Os resultados provenientes serão disponibilizados por meio de relatórios técnicos. Pretende-se ainda contribuir com a formação de recursos humanos com qualificações científicas e tecnológicas para atuação no desenvolvimento do setor de óleo e gás, bem como a disponibilização dos recursos computacionais gerados para realização de pesquisas de interesse. Um dos resultados recentes do DOOLINES, pode vir a mudar a maneira como é realizado o projeto de linhas ancoragem na Petrobras, com a disponibilização no DYNASIM de simulações de linhas considerando o trecho enterrado até a âncora em uma simulação acoplada (trecho enterrado + trecho submerso).

# Desenvolvimento e institucionalização do modelo de gestão integrada do LCCV

Daniell P. Silva (pontes@lccv.ufal.br)

Roseane Tavares A. Silva, Karolayne S. Gomes, Luciano V. Santos, William Kleber A. Santos, Aline S. R. Barboza

**Projeto de Gestão**, Administração, Ciências da Computação, Relações Públicas

Duração: Não definida (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Durante o seu histórico, o LCCV vem formulando e desenvolvendo projetos de acordo com as linhas de pesquisa do laboratório, as possibilidades de financiamento, os editais e chamadas públicas publicados e as encomendas tecnológicas da Petrobras e de outros órgãos parceiros. Os resultados dos projetos são discutidos por suas respectivas equipes, geram artigos científicos, trabalhos acadêmicos, desenvolvimento de produtos e processos. No entanto, ainda se observa a necessidade de se estabelecer uma sistemática de gerenciamento integrado dos projetos, de forma a facilitar o intercambio do conhecimento, a discussão e interpretação dos resultados de forma coordenada e o gerenciamento administrativo-financeiro. Nesse contexto, esse projeto tem o objetivo de desenvolver e institucionalizar a forma de organização e as competências das unidades componentes do LCCV, bem como políticas de gestão de recursos e projetos.

## Metodologia

Para a implementação de um sistema de gestão no LCCV foram estabelecidas como metas: Definir a organização e as competências das unidades componentes do laboratório; Definir, implementar e sustentar as políticas de gestão; Desenvolver sistema de informação que apoie as políticas e processos implementados; Desenvolver mecanismos de transparência.



## Resultados

São esperados os seguintes resultados: Definição da organização e competências das unidades componentes do LCCV; Definição da forma de organização e gestão dos ativos de conhecimento do LCCV; Publicação e implementação das políticas e processos de gestão; Publicação de relatórios gerenciais; Desenvolver sistema de informação..

# Ferramenta Numérica Customizada (IntegriSpan) para Análise e Validação Experimental de Fadiga em Dutos Rígidos com Vãos-Livres Submetidos a VIV

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardosetton@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Leandro M. Sales, Emerson A. F. Santos, Josué D. Silva Neto, Weverton M. Silva, Renato R. L. Santos

## Projeto de P&D

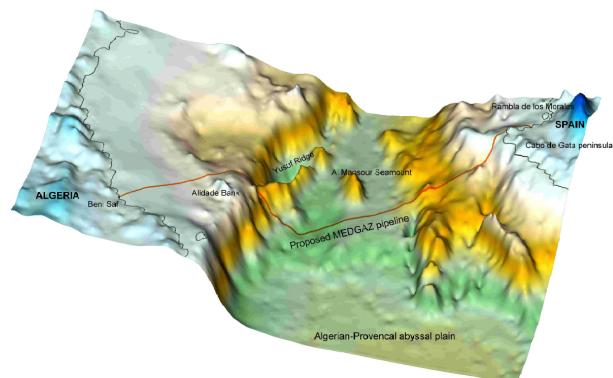
Duração: 50 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS e LAMCSO/COPPE, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O presente projeto tem como escopo o estudo, modelagem computacional e desenvolvimento de ferramenta numérica customizada (IntegriSpan) para análise do comportamento estrutural dinâmico de dutos rígidos submarinos em regiões com vãos-livres. Desta forma, o principal objetivo do projeto de pesquisa proposto é aumentar o conhecimento do complexo fenômeno de vibrações induzidas por vórtices (VIV) em dutos rígidos submarinos com vãos-livres. Os resultados e ferramentas obtidos ao longo deste projeto devem contribuir para melhorar a compreensão do fenômeno de vibrações nos trechos de duto rígidos submarinos em vão-livre. Portanto, espera-se que este projeto contribua de forma significativa no entendimento do fenômeno de VIV em vãos-livres de dutos submarinos, au-

xiliando o desenvolvimento de projetos otimizados (redução de calçamentos) e na gestão de integridade ao longo da vida operacional.



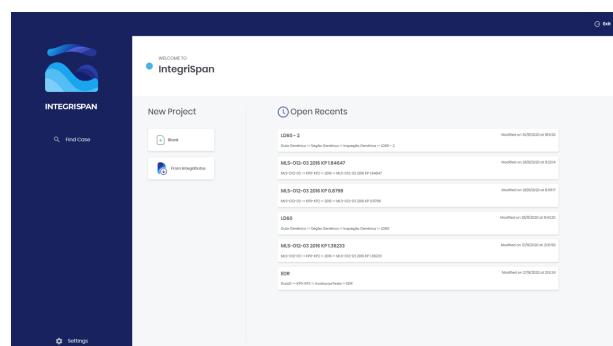
## Metodologia

Para alcançar os objetivos deste projeto, serão desenvolvidas quatro etapas principais: (i) estudo do fenômeno de VIV em dutos em vãos-livres; (ii) desenvolvimento de ferramenta customizada/template (IntegriSpan); (iii) integração entre as ferramentas IntegriSpan e IntegriDutos; (iv) análise e validação da ferramenta desenvolvida (IntegriSpan).

## Resultados

Ao longo dos últimos doze meses foram finalizadas as análises dos quatro dutos pilotos propostos pela Petrobras, onde foi feita uma análise estrutural dos vãos livres utilizando a ferramenta Abaqus e análise de fadiga utilizando a planilha de cálculo FatFree da DNV GL. Além disso, foi desenvolvido uma ferramenta web para criação de arquivos INP (arquivos de entrada do Abaqus) de forma a facilitar e estabelecer uma procedimento de análise padronizado para os engenheiros da Petrobras. Também foi desenvolvido um módulo nessa ferramenta para extração e visualização dos resultados. Também é possível importar modelos da

ferramenta IntegriDutos, que é desenvolvido pelo LAMCSO/Coppe.



# Modelagem Computacional de Falhas Geológicas e suas Zonas de Danos (MODFAL)

**Adeildo S. Ramos Júnior** (adramos@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Hélvio F. C. Peixoto, Luciana C. L. M. Vieira, Ricardo A. Fernandes, Tiago P. S. Lôbo, William Wagner M. Lira

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O MODFAL foi um projeto dedicado ao estudo de problemas de geologia estrutural a partir da avaliação e exploração de um método numérico relativamente novo, o Método dos Autômatos Celulares (MCA). Do ponto de vista da geologia estrutural, estudou-se o comportamento dos regimes extensionais e contracionais, representados principalmente pelas falhas de cavalgamento e pela formação de estruturas de Graben. Do ponto vista numérico o desafio foi desenvolver a formulação do MCA para que ele fosse capaz de representar os comportamentos físicos dos maciços rochosos. Foi implementado um módulo de simulação com o MCA baseado no DEMOOP, software de elementos dis-

cretos do LCCV que tem mais de uma década de desenvolvimento, e em templates em linguagem Python capazes de configurar pré e pós processamento das simulações realizadas no framework do DEMOOP.



Figura 1: Ilustração do contato padrão do MCA e exemplo real de uma falha de cavalgamento (FOSSEN, 2010).

## Metodologia

O projeto foi desenvolvido em três grandes etapas: revisão bibliográfica de métodos de autômatos celulares; implementação e avaliação numérica do MCA; e estudo e modelagem de fenômenos de geologia estrutural em escala de laboratório (ensaios de sandbox). Durante a etapa de revisão bibliográfica, notou-se que a literatura do MCA era bastante escassa, consistindo basicamente de um grupo de pesquisa da Tomsk State University, na Rússia. Desta forma, a etapa de avaliação numérica necessitou de um grande esforço de validação da formulação matemática do método. Nesta etapa foram identificados várias falhas na teoria disponível, e os ajustes foram realizados de forma original pelos pesquisadores do projeto MODFAL.

Devido ao grande esforço demandado pela segunda etapa, a modelagem de fenômenos geológicos foi realizada em um período reduzido para que fossem possível cumprir os prazos estabelecidos. Todavia, foram realizadas todas as análises previstas para os modelos geológicos determinados em parceria com a equipe do CENPES/PETROBRAS.

## Resultados

O projeto foi concluído em março/2020 com todos os objetivos planejados atingidos. Diversos ajustes de formulação no MCA foram elaborados durante este projeto, constituindo contribuições originais à literatura do método numérico.

As análises de regimes contracionais e extensionais realizados com as implementações desenvolvidas neste projeto permitiram concluir que o MCA é um método adequado para as análises de zonas de falha, mas que ainda carece de amadurecimento da formulação matemática por trás do método.

# Modelagem Numérica de Interação Duto-Escorregamentos Submarinos através do Método dos Pontos Materiais

**Adeildo S. Ramos Júnior** (adramos@lccv.ufal.br)

Eduardo N. Lages, Eduardo S. S. Silveira, Luciana C. L. M. Vieira, Márcio André A. Cavalcante, Rodrigo L. Pinheiro, Diogo T. Cintra, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo

## Projeto de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O presente projeto tem por objetivo modelar numericamente os fenômenos de escorregamentos submarinos e analisar os impactos causados por estas corridas nas estruturas offshore adjacentes (ver Figura 1). A metodologia proposta contribui na investigação dos riscos de danos provocados por escorregamentos submarinos, tendo potencial impacto na redução de custos de operação e de projeto associados à exploração offshore de indústrias petrolíferas. Para tanto, pretende-se avaliar a dinâmica das corridas submarinas pelo Método dos Pontos Materiais (MPM).



Figura 1: Estruturas submarinas.

## Metodologia

O MPM permite a discretização de um meio contínuo em um número finito de pontos materiais. Sua formulação baseia-se em soluções obtidas por meio de malhas e conjuntos de pontos discretos. Esta combinação visa absorver características positivas de formulações tanto Eulerianas quanto Lagrangeanas. A aplicabilidade do MPM na simulação de escorregamentos submarinos é, portanto, o objeto de investigação deste trabalho. Os métodos numéricos envolvidos precisam lidar com não linearidades de modelos constitutivos, interações fluido-estrutura, simulações computacionais de larga escala que demandam o uso de técnicas de adaptação temporal e espacial, mecanismos de paralelização de código que aceleram o tempo de computação dos modelos, dentre outros.

## Resultados

Este projeto prevê o desenvolvimento da formulação matemática do método e de um simulador computacional, E-Sub, que contemple a formulação adotada. As implementações e formulações desenvolvidas serão verificadas e validadas com base em dados sintéticos ou resultados experimentais. Em virtude do elevado potencial do MPM em problemas de natureza de fluxo de material, as simulações propostas irão auxiliar na compreensão do comportamento de escorregamentos submarinos.

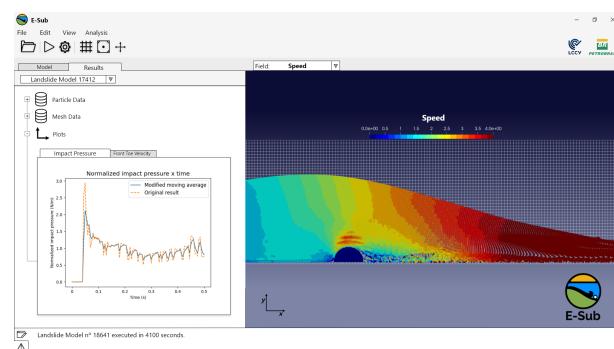


Figura 2: Mockup de interface para o software E-Sub.

# Desenvolvimento de uma Plataforma Web Colaborativa Baseada na Integração de Simuladores para Elaboração de Projetos de Engenharia Naval e Submarina na Era da Transformação Digital (Naval-SubWEB)

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardosetton@lccv.ufal.br)

Leandro M. Sales, Márcio M. Ribeiro, André Luiz L. Aquino, Fábio M. G. Ferreira, Daniel B. F. Silva, Bruno R. P. Melo, Luana L. Menezes, Kim R. Gama, Manuela O. L. Lôbo, Fabrício Farias

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A transformação digital está ocorrendo em diversas indústrias em ritmos diferentes. Naturalmente, a indústria de petróleo e gás, por meio de seus centros de pesquisa, vem introduzindo essa tendência mundial em alguns de seus projetos. Seguindo esse caminho, a Petrobras está incentivando cada vez mais projetos de pesquisa nessa linha. Sob essa ótica, começou-se a questionar como o processo de elaboração de projetos de engenharia naval e submarina poderiam ser otimizados e melhor acompanhados. Pois, sabe-se que a elaboração de projeto de engenharia na Petrobras é feita por meio de uma comunicação não estruturada, onde os engenheiros interagem entre si de forma independente, muitas vezes compartilhando documentos não estruturados, que podem acarretar em inconsistência de dados, entre outras coisas.

## Metodologia

Dentro desse cenário, este projeto propõe uma plataforma na nuvem que permita o desenvolvimento de projetos de engenharia naval e submarina de forma colaborativa, disponível aos projetistas em um ambiente que capaz de centralizar as informações de um projeto com a visão de cada disciplina. Para isso, o projeto é dividido em três fases: (i) diagnóstico para levantamento de requisitos; (ii) integração de aplicações via dados; e (iii) integração de aplicações via serviço. O desenvolvimento do projeto será acompanhado por meio de relatórios técnicos descrevendo as atividades realizadas e os resultados obtidos.

## Resultados

Espera-se, com isso, que ao final do projeto de pesquisa seja disponibilizada uma plataforma web colaborativa para elaboração e acompanhamento de projetos de engenharia naval e submarina, juntamente com um SDK (Software Development Kit) completamente documentado e uma API (Application Programming Interface) para que terceiros possam integrar aplicações a plataforma. Até o momento, foram construídos dois portais web para reunir as aplicações destinadas a engenharia naval (NavalWeb) e a submarina (SubWeb) a partir da plataforma SQUID. O Portal NavalWeb encontra-se em ambiente de teste na Petrobras e o SubWeb está em ambiente de produção da Petrobras, já disponíveis para os engenheiros da companhia.

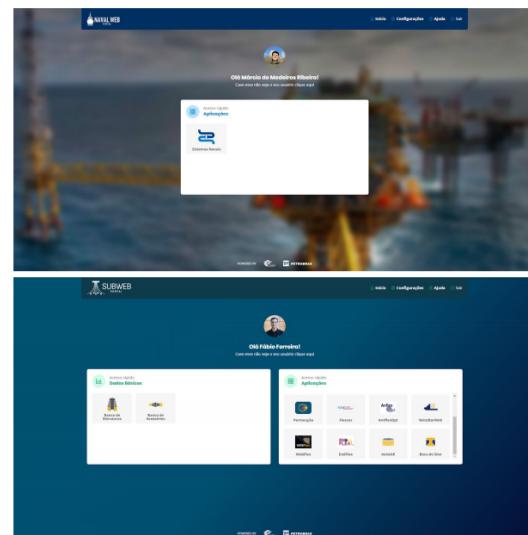


Figura 1: Tela inicial dos Portais NavalWeb e SubWeb.

# Modelos e Ferramentas Computacionais para Apoio ao Dimensionamento de Revestimentos de Poços

William Wagner M. Lira (william@lccv.ufal.br)

João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Junior, João Paulo L. Santos, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia, Felipe B. Pontes, Rodrigo B. Paes, Willy C. Tiengo

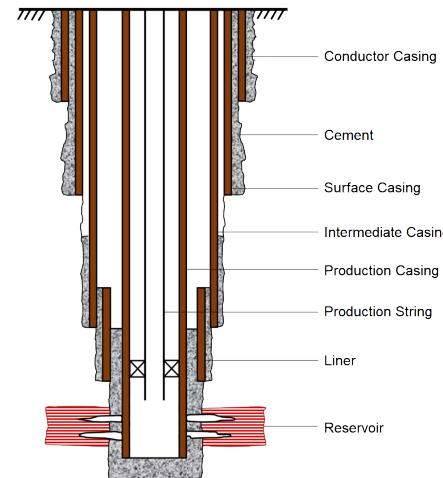
## Projeto de P&D

Duração: 50 meses (aditivado) (Em andamento)

Parceiros: POLO/UFSC, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Para uma perfuração segura de um poço de hidrocarboneto, é necessária a instalação de vários revestimentos para garantir a integridade do poço. Estes revestimentos são longos tubos de aço, instalados a grandes profundidades, sendo expostos a diferentes tensões durante a perfuração do poço e sua vida produtiva. Geralmente, os cálculos e verificações de cada tipo de solicitação são realizados em diferentes sistemas computacionais, e os resultados são depois unificados para geração de um único projeto de revestimento de poço. Este projeto busca simplificar este processo, desenvolvendo uma ferramenta web capaz de calcular e verificar os carregamentos de vários revestimentos e cenários em um único local.

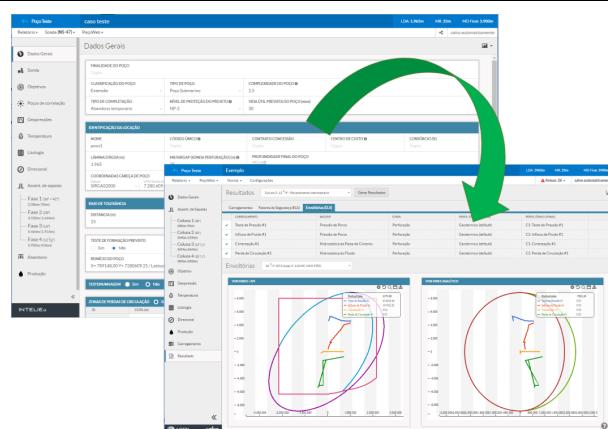


## Metodologia

A API (*American Petroleum Institute*) desenvolve alguns padrões que ajudam as companhias de petróleo a definir o que deve ser levado em consideração e como calcular as solicitações para cada revestimento. Além destes padrões gerais, cada companhia desenvolve seus próprios padrões para dimensionamento de revestimentos, baseados nas considerações da API e em suas próprias experiências, condições ambientais de seus campos, regulamentação governamental, características de reservatórios, entre outros fatores. Tudo isso deve ser levado em consideração no desenvolvimento do sistema mencionado.

## Resultados

O sistema já faz parte da rotina de projetos de revestimentos de poços da Petrobras, proporcionando um ganho expressivo de tempo e qualidade de algumas etapas, pois conta com vários processos automatizados, tornando a elaboração do projeto um processo mais ágil e confiável. Em sua última atualização, foram incorporados resultados de simulações térmicas de fluxo de fluido multifásico, em parceria com o grupo POLO da UFSC. O sistema continua evoluindo, e incorporando cada vez mais etapas do dimensionamento de revestimentos de poços.



# Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais para Modelagem em Tempo Real da Integridade de Estrutura de Poço

**William Wagner M. Lira** (william@lccv.ufal.br)

João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Junior, João Paulo L. Santos, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Lucas G. O. Lopes, Marcio Augusto S. Guimarães, Rodrigo B. Paes, Willy C. Tiengo

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

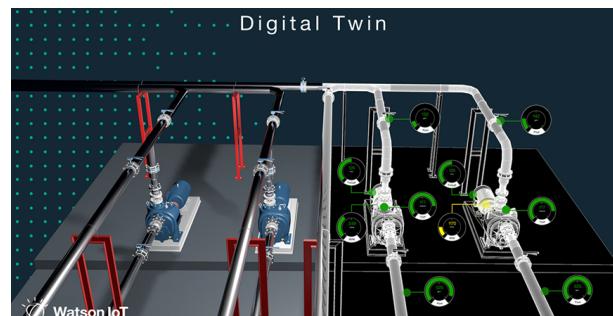
## Introdução

Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema computacional para monitoramento, em tempo real, da integridade dos poços que se encontram em produção, visando a prevenção de falhas dos mesmos por estarem expostos a condições não admissíveis. A principal justificativa para o desenvolvimento dessa proposta está relacionada à não existência de uma ferramenta para análise da integridade dos poços após os mesmos serem construídos, durante a fase de produção. Essa avaliação de integridade é um item importante dentro do contexto dos projetos de desenvolvimento de campos de petróleo que necessitam de elevado investimento para a sua realização, sendo boa parte desse investimento aplicada na construção de poços.

## Metodologia

O sistema em desenvolvimento por este projeto foi denominado como SCORE-TR, e utiliza um simulador térmico de fluxo de fluido multifásico para estimar os perfis de pressão e temperatura nos diversos anulares dos poços, utilizando o conceito de *Digital Twin*. Para isso, são utilizados valores de pressão e temperatura de sensores presentes no poço para ajustar os parâmetros de simulação para condizer com a situação atual do poço. Além disso, os sensores do poço são monitorados constantemente, em busca de sinais que possam indicar a ocorrência de alguma anomalia no mesmo, por

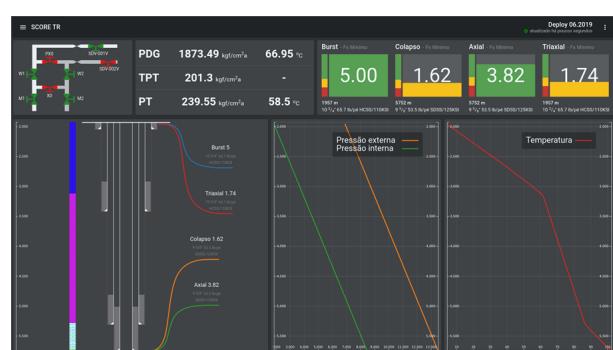
meio de técnicas estatísticas e de inteligência artificial.



## Resultados

A fase piloto do sistema já está em funcionamento, com o monitoramento de anomalias de dezenas de poços da Petrobras, e 8 *Digital Twins* de poços em produção estão sendo simulados, fornecendo dados de fatores de segurança em todos os revestimentos e na coluna de produção/injeção em tempo real. Além disso, foi desenvolvido um algoritmo de contagem de ciclos de válvulas, o que permitiu à Petrobras identificar que várias de suas válvulas já se encontram próximo do limite de ciclos de abertura/fechamento especificados em contrato, levando a uma provável revisão de testes e

especificações de futuras compras de válvulas.



# Estudos e Desenvolvimentos Associados à Geomecânica do Sal

**William Wagner M. Lira** (william@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Eduardo N. Lages, Gilberto Lucas L. Santos, Gleide Karolayne M. Lins, Otávio Bruno A. Rodrigues, Ricardo A. Fernandes, Romildo S. Escarpini Filho, Themisson S. Vasconcelos

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Para alcançar os reservatórios dos campos do pré-sal é necessário atravessar espessas camadas de rochas salinas. Essas rochas têm o comportamento viscoelástico e logo após a passagem da broca de perfuração apresentam a tendência de deslocamento na direção do fechamento do poço (Figura 1). Esse fechamento pode provocar aprisionamento de equipamentos e outras complicações, de forma que a previsão da sua evolução no tempo é essencial para decisão acerca da necessidade de repasses e de peso do fluido de perfuração. A presença de rocha salina próxima ao fluido de perfuração confinado no anular do revestimento também eleva a complexidade da definição da pressão atuante no revestimento com o aquecimento provocado pela produção de hidrocarbonetos.

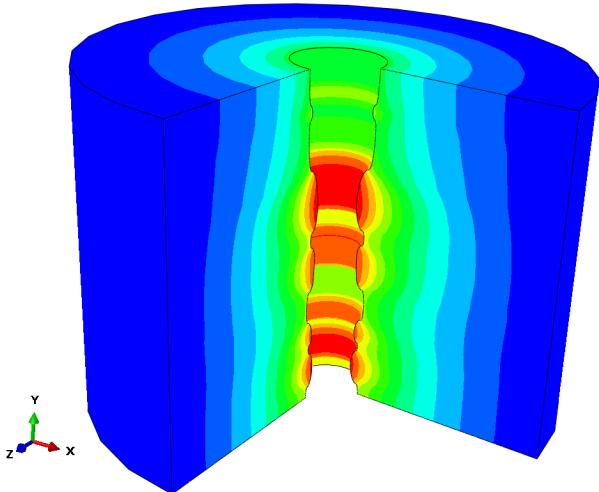


Figura 1: Campo de deslocamentos de um poço sintético.

## Metodologia

Três aplicações para a ferramenta de previsão do comportamento do sal são trabalhadas no contexto deste projeto. A primeira é na recomendação de repasse e peso ótimo inserido do Poço WEB utilizado para elaboração de projetos de poços. A segunda aplicação é no módulo de previsão da elevação de pressão no fluido confinado no anular (APB) entre o revestimento e o sal. A terceira aplicação é como um indicador de alerta de aprisionamento de equipamentos em regiões salinas, a ser inserido no sistema de acompanhamento do poço em tempo real (PWDA, desenvolvido pela ESSS).

## Resultados

A ferramenta de recomendação de repasse e peso ótimo está disponível no Poço WEB e em uso pela Petrobras. Aperfeiçoamentos estão sendo trabalhados principalmente acerca dos gráficos e tabelas apresentados na interface e na duração e consumo de memória das simulações. O módulo para previsão de APB no sal foi finalizado e validado, e em um projeto futuro pretende-se transformar esse módulo em mais um produto. O módulo utilizado no sistema de acompanhamento da perfuração em tempo real está em uso pela parceira ESSS responsável pelo desenvolvimento do sistema PWDA.

# Estratégias e ferramentas computacionais para previsão de desgaste mecânico em tubulares de revestimento em poços de petróleo (SIMWEAR)

**Diego V. G. Ferreira** (diegovasconcelos@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, João Paulo L. Santos, Lucas P. Gouveia, Aline S. R. Barboza

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O sistema de revestimento é fundamental para a garantia da integridade estrutural do poço, sendo responsável por grande parte dos investimentos necessários para sua construção. O revestimento é projetado para suportar uma série de esforços durante as operações de serviço e sobrevivência decorrentes de pressões e temperaturas previstas em projeto. A avaliação da integridade mecânica do revestimento é realizada a partir de critérios determinísticos e probabilísticos, tanto em Estado Limite de Serviço como em Estado Limite Último, com base na API/TR 5C3 e apresenta como parâmetro importante de projeto a espessura da parede do tubo de revestimento.

Durante o processo de construção do poço, a coluna de perfuração pode manter contato com as partes internas do sistema de revestimento, produzindo uma força lateral que, em conjunto com

a rotação da coluna, pode provocar a remoção de volume de aço da parede do tubular, reduzindo sua resistência mecânica (ver Figura 1).

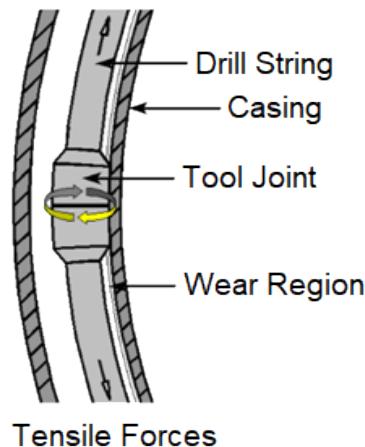


Figura 1: Modelo de força de contato.

## Metodologia

A fim de alcançar os objetivos propostos neste projeto, a metodologia de desenvolvimento é dividida em quatro macroetapas: 1) Estudos e desenvolvimentos relacionados ao projeto da trajetória de poços e sua influência no desgaste do revestimento; 2) Estudos e desenvolvimentos relacionados a determinação de fator de desgaste mecânico em revestimentos; 3) Estudos de modelos de desgastes ocasionados pelo contato entre a coluna de perfuração e o revestimento de poços; 3) Estudos e desenvolvimentos de técnicas de engenharia de software aplicada a WEB.

## Resultados

Com o presente trabalho, serão desenvolvidas ferramentas computacionais para auxiliar no projeto de poços de petróleo, obtendo assim: 1) Continuidade de estudos relacionados a modelos de previsão de desgaste de revestimento de tubulares com base em dados de projeto, perfilagem ultrassônica e material de revestimento; 2) Desenvolvimento de metodologia de análise de trajetória com base em dados de acompanhamento de perfuração; 3) Desenvolvimento de modelo de previsão de desgaste e validação a partir de dados de perfilagem ultrassônica; 4) Determinação do fator de desgaste a partir de dados de perfilagem de integridade de campo e ensaios experimentais de desgaste de materiais de revestimento; 5) Ferramentas computacionais para previsão de desgaste mecânico em tubulares de revestimento de poços integrada ao Sistema POÇO WEB.

# SESTSOLOS: Técnicas de modelagem numérica aplicadas à estimativa de propriedades de solo para projetos de poços de petróleo

**João Paulo L. Santos** (jpls@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, Aline S. R. Barboza, Eduardo N. Lages, Adeildo S. Ramos Júnior, Luciana C. L. G. Pinheiro, Lucas P. Gouveia, Christiano Augusto F. Várady Filho, Anderson Fernando C. Gomes, Aline V. Esteves, Evérton B. Silva, Pedro Henrique Matias Silva, Beatriz R. Barboza, Jennifer Mikaela F. Melo, Raniel Deivisson A. Albuquerque, Eduardo Matheus A. Pacheco, Adlehr Gabriele C. Oliveira, Sayonara C. Bulandeira, Jonathan D. Silva, Joyce K. F. Tenório

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PROJPERF/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Revestimentos condutores são responsáveis pelo suporte de carregamentos iniciais nas fases de perfuração e construção de poços de petróleo (ver Figura 1). A fim de garantir a integridade estrutural do sistema, ferramentas computacionais são aliadas desde a fase de desenvolvimento do projeto de poço até durante toda operação. Neste contexto, o presente projeto visa o desenvolvimento de estratégias e ferramentas computacionais voltadas para a fase de início de poço, especialmente para avaliação de parâmetros do solo e da integridade do conjunto solo-revestimento, objetivando a incorporação de técnicas robustas à prática de projeto de início de poço.

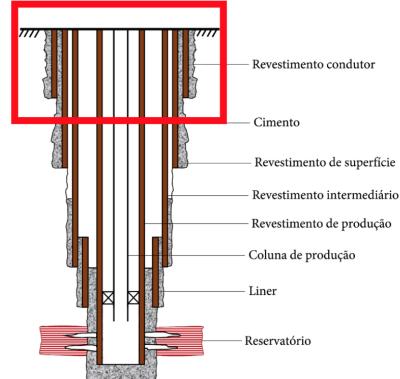


Figura 1: Localização do Revestimento Condutor. Fonte: Modificado de Bai e Bai (2010).

## Metodologia

A metodologia de desenvolvimento é dividida em cinco macroetapas: A1) Estudos e desenvolvimentos relacionados a estimativa de parâmetros do solo com base em modelos estatísticos, com base em intervalo de confiança; A2) Estudos e desenvolvimentos relacionados a critérios de assentamento de revestimento condutor com base em confiabilidade estrutural ; A3) Estudos e desenvolvimentos ligados a instalação de revestimento condutor por meio de jateamento; A4) Estudos e desenvolvimentos ligados a instalação de revestimento condutor por cravação/martelamento; A5) Estudos e desenvolvimentos numéricos objetivando a obtenção de parâmetros estáticos e dinâmicos da interação solo-revestimento.

## Resultados

As modelagens computacionais da instalação do revestimento por martelamento e jateamento encontram-se em fase de validação experimental com dados advindos de um campo *offshore* localizado no sudeste brasileiro. Além disso, para facilitar a utilização das subrotinas de caracterização geotécnica, uma interface gráfica foi desenvolvida e disponibilizada a PETROBRAS para testes. Por fim, para viabilizar a análise da probabilidade de falha do revestimento usando técnicas mecano-fiabiliísticas, a subrotina baseada em FORM também se encontra em processo de validação, onde os dados de entrada estão sendo pré-processados para a redução de incertezas nos resultados finais.



A graphic design featuring a central white circle surrounded by three concentric gray arcs. Within the innermost arc, the word "Gestão" is written in a bold, black, serif font.

Gestão

# Django como ferramenta de desenvolvimento ágil

**William Kleber A. Santos** (wkas@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**, Engenharia da computação

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Com a urgente necessidade de desenvolver um sistema de gestão para o laboratório e com a pequena equipe de desenvolvedores e inúmeras possibilidades de linguagens e frameworks, se fez necessário identificar uma tecnologia que proporciona maior produtividade no desenvolvimento. Nesse contexto, foi utilizada a linguagem Python com o framework Django a fim de permitir uma entrega de valor ao LCCV contínua e célere, algo que não seria viável com as metodologias de desenvolvimento tradicionais.

## Metodologia

Django é um framework web Python de alto nível que permite o rápido desenvolvimento de aplicações seguras e de fácil manutenção. Traz, por exemplo, funcionalidades prontas no que se refere à gestão de usuários, criação e relacionamento com banco de dados e formulários para a inserção, consulta, atualização e exclusão de dados. Ou seja, proporciona ganhos consideráveis em tempo de desenvolvimento, pois não requer a construção de funcionalidades no front-end para aplicações mais simples. A priori, foram definidos a arquitetura de dados e as regras de negócio a partir dos domínios de gestão. A partir daí, foram implementadas as tabelas e seus relacionamentos e, por consequência, configurados os seus respectivos formulários para a inserção, consulta, edição e exclusão de dados. Por fim, foram definidos os níveis de acesso, cadastrados os usuários e atribuídos os seus respectivos níveis de acesso. Dessa forma, foi disponibilizado em produção o portal administrativo do Django.

## Resultados

Foram criadas as seguintes aplicações, equivalentes aos domínios de gestão: colaboradores, dezenove tabelas e formulários; projetos, cinco tabelas e formulários; orçamento, oito tabelas e formulários; compras, onze tabelas e formulários; conhecimento, sete tabelas e formulários; documentos, oito tabelas e formulários e finanças cinco tabelas e formulários. Com o uso da ferramenta pela Administração do LCCV, foi registrado o seguinte quantitativo de instâncias de dados: colaboradores, 8.645; projetos; 274; orçamento, 1.002; compras, 184; conhecimento, 43; documentos, 1.735; e finanças, 550. Com isso, o LCCV se valeu desses dados para ações de governança, como os seus relatórios gerenciais, e a construção de cenários para a tomada de decisões.

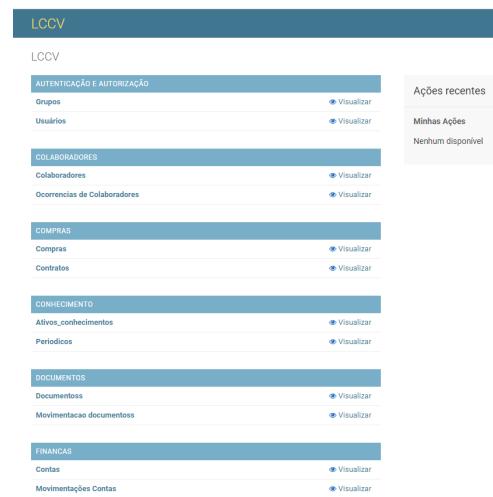


Figura 1: Interface do Django admin.

# Elaboração de um Modelo de Governança Corporativa para o LCCV

Daniell P. Silva (Pontes@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza

## Projeto de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

A implementação de mecanismos de governança constitui uma obrigatoriedade tanto legal, prevista em instrumentos jurídicos como a Constituição Federal de 1988, código de ética do servidor público e Lei de acesso à informação; quanto moral, no que se refere ao dever de agregar valor à sociedade, parceiros e demais interessados na atuação da organização. Dessa forma, com vistas ao cumprimento das obrigatoriedades citadas, este resumo visa apresentar o Modelo de Governança Corporativa em implementação no LCCV.

## Metodologia

No âmbito da administração pública brasileira, claro é o distanciamento entre o principal (o proprietário da coisa pública, o povo) do agente (administradores das organizações públicas). Evidente, também, é que nem sempre os objetivos almejados pelo principal coincidem com os dos agentes, o que tipifica o conflito de agência. É nesse contexto que surge a governança corporativa, com o objetivo de alinhar as expectativas do principal e dos agentes, atuando como um sistema que visa incentivar as organizações à prática de ações pautadas na responsabilidade corporativa, na transparência e na prestação de contas. Para possibilitar a efetivação de tais princípios e, ao mesmo tempo, gerir as práticas implementadas, o modelo de governança do LCCV se baseia e tem desenvolvido os seguintes instrumentos: Políticas de orga-

nização e funcionamento – para definir processos e responsabilidades; Sistema de informação – para prover dados e informações de qualidade à tomada de decisão e prestação de contas; e Mecanismos de transparência - para publicizar dados e informações relevantes.

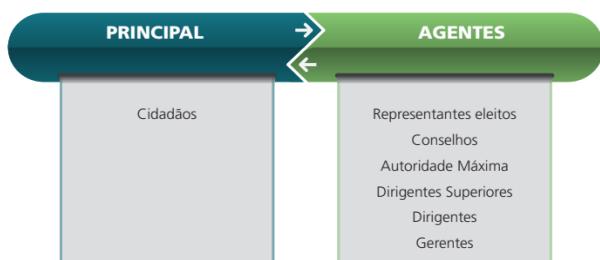


Figura 1: Principal x Agente ([bitly.com/J6cvJ](http://bitly.com/J6cvJ)).

## Resultados

Até o momento, foram implementados: políticas de organização e funcionamento referentes a pessoas, suprimentos e infraestrutura; sistema de informação Sumé (<https://sume.lccv.ufal.br/>); e mecanismos de transparência: seção governança (<https://lccv.ufal.br/governanca/>) e gestão do conhecimento (<https://lccv.ufal.br/gestaodoconhecimento/>). Com isso, espera-se prover e utilizar informações de qualidade no processo de tomada de decisão, ser transparente, evolver efetivamente as partes interessadas, assegurar o cumprimento de responsabilidades e agregar à cadeia de valor e

conhecimento à qual o LCCV está inserido.



Figura 2: Governança ([bitly.com/V9UBH](http://bitly.com/V9UBH)).

# Metodologia para criação e organização de políticas de gestão no LCCV

**Luciano V. Santos** (luciano.viana@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D, Administração**

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Até 2019, as políticas de organização e funcionamento do LCCV não eram publicizadas considerando as estratégias atuais de governança corporativa, o que acarretava falta de padronização e previsibilidade na execução dos processos de gestão, bem como desconhecimento e, consequente, desgastes e retrabalhos por parte dos colaboradores e Administração do Laboratório. Assim, a fim de tornar os processos de gestão mais previsíveis, céleres e efetivos, seria necessário criar políticas que os regulasse. Porém, antes disso, era imprescindível dotar essas políticas de uma estrutura que facilitasse a sua leitura e compreensão, bem como de uma organização para seu armazenamento que facilitasse o seu acesso e recuperação. Para tal, foi desenvolvida uma metodologia para criação e organização das políticas de gestão do LCCV.

## Metodologia

Política organizacional é um instrumento que traz definições, estratégias e responsabilidades. É, também, um guia de como pensar, agir e se portar organizacionalmente, um meio para se fomentar uma cultura organizacional de sucesso. Para melhor organização e recuperação das políticas, foram definidos os seguintes domínios de gestão: organização, pessoas, projetos, orçamento, suprimentos, infraestrutura e conhecimento. A partir daí, cada domínio de gestão foi estruturado em macroprocessos e processos relativos ao seu escopo. Em seguida, foram definidos os seguintes atributos básicos de uma política: finalidade, definições, público-alvo, onde, quando, diretrizes e competências dos atores envolvidos. Por fim, foram defini-

dos símbolos para cada domínio, de forma a estabelecer uma identificação visual dessas áreas.



Organização

Nesta seção estão publicados os videoclipes que regem a estrutura organizacional e as competências das unidades que compõem o LCCV, como: estatuto e regimento.



Pessoas

Nesta seção estão publicadas as videoclips referentes à gestão de pessoal, como: admissão, frequência, reembolsos, férias, dentre outros.



Projetos

Nesta seção estão publicadas as videoclips referentes à gestão de projetos.



Orçamento

Nesta seção estão publicadas as videoclips referentes à gestão orçamentária, como: alocação de orçamento em centro de custos, abertura de empenhos, remanejamento, pagamentos e acompanhamento.



Suprimentos

Nesta seção estão publicadas as videoclips referentes à gestão de suprimentos.



Infraestrutura

Figura 1: Domínios de gestão.

## Resultados

Até o momento, foram publicadas quinze políticas no portal da gestão do conhecimento do LCCV (<https://lccv.ufal.br/gestaodoconhecimento/politicasenormas/>), sendo: doze referentes ao domínio de gestão pessoas; duas, relativas a suprimentos; e uma a infraestrutura. Com essas políticas, o sistema de informações do LCCV vem sendo desenvolvido, dados vêm sendo armazenados de forma estruturada e utilizados para ações de governança, como os relatórios gerenciais (<https://lccv.ufal.br/governanca/relatorio>

gerencial/), e a construção de cenários para a tomada de decisão.

**LCCV UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS LABORATÓRIO DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA E VISUALIZAÇÃO – LCCV**

**INSTRUMENTO:** 01 – POLÍTICAS  
**TÍTULO:** 02 – Pessoas  
**CAPÍTULO:** 04 – Gestão  
**SEÇÃO:** 05 – Férias

Versão 01 de 15/01/2020

**1 Finalidade**

1.1 Formalizar o processo de requisição e autorização de férias;  
 1.2 Criar o quadro de férias dos colaboradores do LCCV.

**2 Público-alvo**

2.1 Administração;  
 2.2 Colaboradores contratados;  
 2.3 Coordenadores de projetos.

Figura 2: Política organizacional.

# Modelo de gestão do conhecimento do LCCV

**Daniell P. Silva** (Pontes@lccv.ufal.br)  
Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**  
Duração: 24 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Até 2019, o contexto da gestão do conhecimento no LCCV se caracterizava por: grande parte do conhecimento estar apenas na mente das pessoas; o conhecimento organizacional não ser refinado, codificado e armazenado em repositórios institucionais que permitissem a sua rápida localização, acesso e compartilhamento; não ser possível, de forma sistematizada, identificar os colaboradores que possuíssem determinados conhecimentos e experiências. Porém, segundo Davenport e Prusak (1998), a única vantagem sustentável que uma organização tem é aquilo que ela coletivamente sabe, a eficiência com que ela usa o que sabe e a prontidão com que ela adquire e usa novos conhecimentos. Assim, inconteste é a importância de se gerir o conhecimento organizacional presente nas rotinas de trabalho, na experiência dos colaboradores, financiadores, fornecedores, mercados e governo. Para tal, tem sido desenvolvido o modelo de gestão do conhecimento do LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Conhecimento é uma combinação entre experiência, valores e informações contextuais que proporciona uma base para a avaliação, a tomada de decisão e a ação. Ele pode ser do tipo explícito, articulável em linguagem formal e facilmente transmitido; e do tipo tácito, de difícil articulação em linguagem formal e, portanto, de difícil transmissão. Assim, inicialmente foi necessário categorizar o conhecimento organizacional, a fim de tornar simples e célere o seu processo de armazenamento, consulta e recuperação. Para o conhecimento explícito, foi definida a categoria domínio de gestão, com os seguintes valores: organização, pessoas, projetos, orçamento, suprimentos e infraestrutura. Para o conhecimento tácito, foi utilizada a tabela de áreas do conhecimento da CAPES

([shorturl.at/bchjG](http://shorturl.at/bchjG)). Essa tabela está estruturada da seguinte forma: grandes áreas do conhecimento, áreas do conhecimento, subáreas do conhecimento e especialidades.



Figura 1: Gestão do conhecimento ([shorturl.at/CUVY9](http://shorturl.at/CUVY9)).

## Resultados

No que se refere ao conhecimento explícito, na página do LCCV foi criada a seção gestão do conhecimento ([lccv.ufal.br/gestaodoconhecimento/](http://lccv.ufal.br/gestaodoconhecimento/)), onde são armazenadas as políticas, procedimentos e vídeoaulas, organizadas por meio dos domínios de gestão. Já no que se refere ao conhecimento tácito, foram desenvolvidas, no sistema de informação Sumé ([sume.lccv.ufal.br](http://sume.lccv.ufal.br)), funcionalidades relativas à formação e experiências profissionais dos colaboradores. Etapas futuras desse modelo visam o desenvolvimento de funcionalidades que permitam o registro e consulta de boas práticas e lições aprendidas relativas aos domínios de gestão, bem como a ampliação da taxonomia do conhecimento, a consulta de colaboradores por conhecimento, o registro de conhecimento produzido e o painel de indicadores do conhecimento.

# O uso de ontologias para especificação de modelos: um caso de gestão documental

Daniell P. Silva (Pontes@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza

## Projeto de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Conhecer o passado organizacional é imprescindível para entender o presente e, consequentemente, projetar um futuro onde erros pretéritos sejam evitados e situações exitosas, repetidas. Entretanto, quando a memória da organização está presente, em grande parte, na mente de seus colaboradores, isto constitui um risco, uma vez que pessoas vêm e vão e levam consigo as experiências; ou em documentos dispersos e de difícil localização. Assim, inconteste é a importância de institucionalizar os fatos organizacionais por meio de uma adequada gestão documental que permita o simples e efetivo armazenamento, codificação, consulta e acesso aos documentos. Desse modo, esse resumo visa apresentar a ontologia de gestão documental do LCCV, que é a base para o desenvolvimento de políticas e aplicações computacionais nesse contexto.

## Metodologia

Ontologia é um ramo da filosofia que lida com a natureza e a organização do ser, que busca responder a questões como: o que é um ser? O que o caracteriza? Assim, pode ser definida como um conjunto de conceitos e termos ordenados hierarquicamente para descrever um domínio que pode ser usado como um esqueleto para uma base de conhecimentos (Gómez-Pérez, 1999). Ou seja, é uma especificação formal, explícita e compartilhada. Os seus elementos constituintes são: conceitos, relações entre conceitos e axiomas. Já documento, é a informação registrada em dado suporte (físico ou digital) suscetível de consulta, estudo, prova e pesquisa, pois comprova fatos e fenômenos de uma organização numa determinada época ou lugar. Assim, para o desenvolvimento da ontologia, foi utilizada a metodologia Ontology Development 101, sendo executadas as seguintes etapas: 1) Determinação do domínio e do escopo da ontologia, definindo o que ela irá tratar, quem irá utilizá-la e para quê irá utilizá-la, quem irá mantê-la e que questões deverá responder; 2) Identificação de termos importantes; 3) Definição das classes e suas hierarquias; 3) Definição dos slots, ou seja, das propriedades que caracterizam as classes; e 4) Definição das facetas dos slots, ou seja, os tipos, quantidades e que valores podem receber.

## Resultados

Com a especificação da ontologia de documento, foram definidos e especificados os seus atributos e relacionamentos, bem como os seus axiomas.

Com isso, foi possível definir o modelo entidade-relacionamento de dados e a sua aplicação no banco de dados do sistema de informação Sumé, bem como foram desenvolvidas as aplicações de cadastro, consulta e recuperação de documentos no referido sistema. A partir dessas funcionalidades computacionais, foram registrados no Sumé, no período entre junho e novembro de 2020, 726 documentos, sendo 208 nato-digitais e 518 digitalizados; e foram vinculados a esses documentos 135 interessados diferentes, dentre colaboradores, pro-

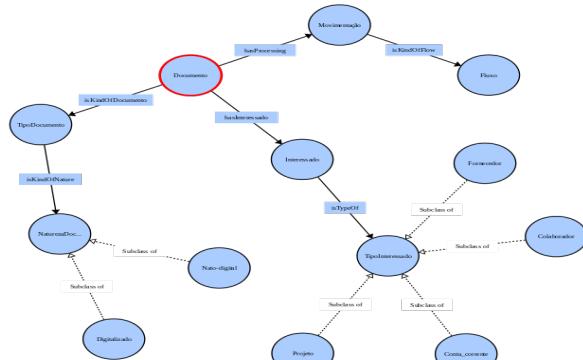


Figura 1: Ontologia de documento.

# Powtoon como ferramenta para criação de vídeos institucionais

**Karolayne S. Gomes** (karolayne.gomes@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D, Relações públicas**

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Com a implementação do processo de transformação digital da gestão do LCCV, foram criadas políticas de organização e funcionamento e desenvolvidas funcionalidades computacionais a fim de apoiá-las, a exemplo do sistema de informação Sumé. Porém, não basta desenvolver e disponibilizar instrumentos normativos e aplicações de TI, é necessário levá-las ao conhecimento de todos os colaboradores de forma criativa e lúdica a fim de captar a atenção dos destinatários e tornar o processo de comunicação efetivo. Para tal, foi utilizada a ferramenta Powtoon, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

O Powtoon ([www.powtoon.com](http://www.powtoon.com)) é uma plataforma on-line que possibilita a criação de apresentações na forma de slides e vídeos animados.

Apesar de possuir versões pagas, a sua versão gratuita oferece diversas funcionalidades que garantem qualidade técnica para produção de vídeos. Além disso, disponibiliza uma série de templates categorizados que tornam o processo de criação de vídeos mais ágil. Assim, objetivando dar um caráter mais pessoal aos vídeos, foi realizada uma consulta à comunidade LCCV para eleger o nome da nova colaboradora virtual que, inclusive, é um avataar disponível na versão gratuita da ferramenta. A partir daí, o processo criativo consistiu em quatro fases: definição do roteiro (princípios norteadores, situação atual, situação futura e procedimentos da funcionalidade/política apresentada), defi-

nição das cenas (cenários, elementos participantes e transições), gravação do áudio e compatibilização entre cenas e áudio.



Figura 1: logo do Powtoon.

## Resultados

Até o momento, com o uso da ferramenta objeto desse resumo, foram criados quatro vídeos institucionais: Nova colaboradora, Recibo eletrônico de bolsa, Atualização cadastral e Painel de indicadores de pessoal. Já se percebe, inclusive, um aumento de 69,6% no número médio de visualizações comparativamente aos vídeos criados sem a utilização do Powtoon.



Figura 2: Recibo eletrônico.

# Relatório gerencial como instrumento de governança corporativa

**Karolayne S. Gomes** ([karolayne.gomes@lccv.ufal.br](mailto:karylayne.gomes@lccv.ufal.br))

Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D, Relações públicas**

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

A UFAL e, consequentemente, seus órgãos constituintes, como o LCCV, compõem a Administração Pública Brasileira. Portanto, têm a sociedade como principal, ou seja, como proprietária. E um dos objetivos da governança corporativa é atuar como um sistema que monitore as ações dos agentes, provendo informações sobre a sua atuação ao principal. Com a implantação de um Modelo de Governança Corporativa, viu-se a necessidade de elaboração de um instrumento gerencial com informações administrativas relevantes que se constituiria numa prestação de contas à sociedade. Esse resumo vem apresentar o instrumento que vem sendo desenvolvido e implementado para aquela finalidade, denominado Relatório Gerencial.

## Metodologia

Relatório gerencial é um documento baseado em fatos organizacionais que traz dados, gráficos e informações. O seu objetivo tanto pode ser prover subsídios à tomada de decisão por parte dos agentes da organização, quanto tornar público à sociedade a alocação e o consumo de recursos, as oportunidades e riscos enfrentados e as direções estratégicas tomadas. Os relatórios gerenciais do LCCV são construídos a partir de dados providos pelo sistema de informação Sumé, têm periodicidade trimestral e possuem a seguinte estrutura: panorama, que traça o contexto vivido no período tratado no relatório; colaboradores, que caracteriza a força de trabalho do LCCV; projetos, que descreve os projetos em execução; e perspectivas para o próximo trimestre, que apresenta os compromissos de gestão para o próximo período. Ade-

mais, para a confecção do relatório, é utilizado o Canva ([www.canva.com](http://www.canva.com)), que se trata de uma ferramenta de design gráfico para criação de gráficos de mídia social, apresentações, infográficos, e outros conteúdos visuais. Apesar de possuir versões pagas, a versão gratuita, utilizada pelo LCCV, oferece imagens, fontes, modelos e ilustrações, o que torna o processo criativo mais ágil.



Figura 1: Canva.

## Resultados

Os relatórios gerenciais criados são publicados na seção governança da página do LCCV ([lccv.ufal.br/governanca/relatorio-gerencial](http://lccv.ufal.br/governanca/relatorio-gerencial)). Até o momento, foram publicados três relatórios. Ademais, as perspectivas futuras compreendem o tratamento dos demais domínios de gestão, como: organização, orçamento, suprimentos, infraestrutura e conhecimento. Porém, dependerão do desenvolvimento de políticas, procedimentos e funcionalidades computacionais nos domínios de gestão.

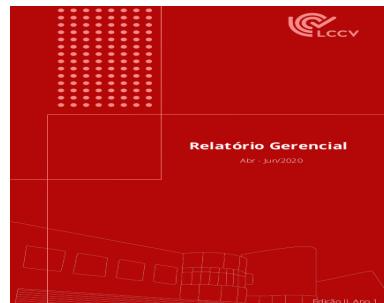


Figura 2: Relatório gerencial.

# Utilizando o Highcharts para construção de gráficos interativos

**Eric S. Coelho** (eric.coelho@lccv.ufal.br)

William Kleber A. Santos, Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**, Ciência da computação, Engenharia da computação

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

As informações armazenadas nas bases de dados relacionais ficam melhor representadas na forma de gráficos, nesse contexto será apresentado o processo de desenvolvimento do ambiente interativo para visualização de dados do LCCV, resultando em uma melhor experiência para o usuário. Foram utilizados a biblioteca de gráficos Highcharts em conjunto com o framework web Angular que, devido à urgência pela demanda, ambos proporcionaram ganhos de produtividade para a equipe de desenvolvimento

## Metodologia

Highcharts (<https://www.highcharts.com/>) é uma biblioteca de gráficos disponível para várias plataformas, baseada em tecnologias modernas como SVG e TypeScript. Ela facilita a criação de gráficos interativos para projetos web e mobile, alguns gráficos disponíveis são os do pacote comum, como os lineares, os de colunas e barras, e de setores; os do mercado financeiro; os de mapas; e os de Gantt. Tais gráficos disponibilizam funcionalidades como a de exportar a imagem do gráfico e os dados utilizados em formato \*.csv e \*.xls. O Highcharts está disponível no gerenciador de pacotes NPM com uma versão específica para o Angular,

o que facilitou a criação dos componentes de exibição dos gráficos e a integração com a API rest no formato json. Por meio dos dados disponibilizados pela API, foi possível gerar componentes para os gráficos dinâmicos de orçamentos, de pessoal e de projetos, e integrá-los com o sistema de gestão Sumé, proporcionando melhorias na análise dos dados.



## Resultados

O desenvolvimento das funcionalidades foi iniciado quando da publicação da edição II do relatório gerencial do LCCV (<https://lccv.ufal.br/wp-content/uploads/2020/05/Relatório-gerencial-Abr-Jun-2020-Edição-II-Ano1.pdf>), onde foram publicadas as perspectivas para o próximo trimestre, e concluído quando da publicação da edição III do relatório gerencial (<https://lccv.ufal.br/wp-content/uploads/2020/11/Relatório-gerencial-Jul-Set-2020-Edição-III-Ano1.pdf>). Utilizando as ferramentas citadas, foram desenvolvidos no portal do coordenador do Sumé: 8 gráficos no domínio de gestão de pessoas, 1 gráfico no domínio de projetos, e 1 gráfico no domínio de orçamento. Porém, há perspectivas de desen-

volvimento dos seguintes painéis de indicadores: compras, contratos, viagens, orçamento, finanças, bens e conhecimento.

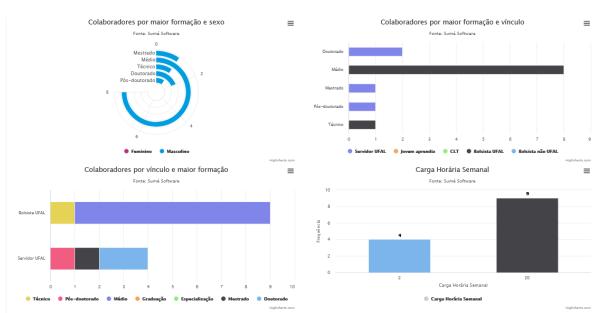


Figura 1: Gráficos gerados.

# Weasyprint como ferramenta para desenvolvimento de relatórios Python

**William Kleber A. Santos** (wkas@lccv.ufal.br)  
 Eric S. Coelho, Daniell P. Silva, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**, Ciência da computação, Engenharia da computação  
 Duração: 24 meses (Em andamento)  
 Financiamento: LCCV/UFAL

## Introdução

Com o desenvolvimento do sistema de informações gerenciais do LCCV, Sumé, havia a necessidade de implementação de relatórios pdf a partir de templates que disponibilizassem funcionalidades de formatação que reforçassem a identidade visual do laboratório. Porém, apesar de existirem várias bibliotecas Python para o desenvolvimento de relatórios pdf, a grande maioria possuem limitações de formatação, pois são baseadas no ReportLab. Assim, esse resumo tem por objetivo apresentar a biblioteca WeasyPrint.

## Metodologia

WeasyPrint([www.weasyprint.org](http://www.weasyprint.org)) é um mecanismo de renderização visual que permite o uso de templates baseados em HTML e CSS. Possui código aberto e é gratuito. Seu objetivo é oferecer suporte a padrões da web para impressão. Desenvolvido para dar suporte ao Python 3.5+, a biblioteca está disponível no gerenciador de pacotes do Python, pip, e sua documentação completa no ReadTheDocs([www.weasyprint.readthedocs.io](http://www.weasyprint.readthedocs.io)). Após a instalação da biblioteca, o template foi criado e foram definidas as variáveis que seriam preenchidas pelos dados fornecidos pela aplicação Django.

Com isso, a partir de requisições de usuário, foi possível gerar os documentos dinamicamente, mantendo a formatação desejada, e convertê-los em PDF, proporcionando uma melhor visualização e portabilidade ao usuário.

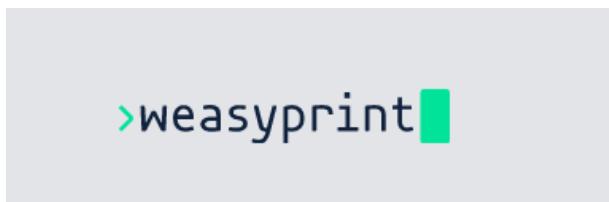


Figura 1: logo da weasyprint.

## Resultados

Atualmente, a ferramenta está sendo utilizada para geração dos recibos eletrônicos de bolsa. Porém, há perspectivas de desenvolvimento de outros documentos, tais como: ficha cadastral do colaborador, ficha cadastral do projeto, relatório de compras, contratos, relatório de execução orçamentária, ficha cadastral de bens, termo de responsabilidade sobre bens e extrato de conta corrente.



Figura 2: Recibo eletrônico.

# Dutos e Risers

# *Wrapper em Lua do DOOLINES*

Aline R. Nunes (aline.arn@lccv.ufal.br)

Hélio F. C. Peixoto, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

**Iniciação científica**, Engenharia química

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O DOOLINES foi desenvolvido em linguagem orientada a objetos C++ e projetado para suportar a análise não-linear estática e dinâmica de estruturas marítimas de linhas, como risers flexíveis, linhas de ancoragem, mangueiras flutuantes, entre outros. A presente atividade tem por objetivo tornar o uso da ferramenta DOOLINES mais amigável para usuários com conhecimentos básicos em programação. Para isto, é desenvolvida uma camada do DOOLINES em Lua (uma linguagem de programação poderosa, eficiente e leve) a partir da construção de um *wrapper*. Deste modo, o usuário pode ter acesso às classes do DOOLINES e utilizar todos os recursos disponíveis no sistema a partir de uma linguagem interpretada mais simples e mais flexível.

## Metodologia

O DOOLINES depende de arquivos de entrada em formato especificado pela documentação do framework (Fig. 1). O *wrapper* faz uso da biblioteca SWIG para criar uma camada de acesso às classes e funcionalidades do DOOLINES via scripts em Lua. De forma a demonstrar a simplicidade que o *wrapper* em LUA oferece para a criação de um modelo do DOOLINES, arquivos de entrada de casos de teste foram adaptados para utilização no *wrapper*. Os casos estudados até o momento envolveram as funcionalidades de ondas, espectros, cargas, correntes e funções de tempo, de modo a ter abrangência dos vários objetos e funcionalidades já disponíveis no *wrapper*.

```
%HEADER
"DOOLINES"
%MATERIAL (Num_Materials) | (ID EA EI)
1
1 22500.0 140.0

%SEGMENT *** Num_Seg | ID. Length. Num_Section.
Ratio. TypeElement. ID_Material ***
1
1 100.000 100 1.000 1 1

%CURRENT (Num_Points. Rhdw) | (ID. Depth. Velocity.
X-Angle)
2 1.025000
1 0.000000 0.000000 0.000000
2 500.000000 0.000000 0.000000

%SIMULATION (Simulation_Time Step_Print)
50.0 0.05

%END
```

Figura 1: Arquivo de entrada do DOOLINES.

## Resultados

O *wrapper* viabiliza o uso do DOOLINES por meio de scripts em Lua. Na Fig 2 é apresentado o script em Lua, utilizando o *wrapper*, que imita o comportamento do arquivo na Fig 1. Arquivos de entrada utilizados para testes no DOOLINES estão sendo convertidos em scripts Lua de forma a permitir maior flexibilidade e legibilidade das simulações construídas. Estão sendo realizadas comparações de respostas do modelos de teste já existentes, usando a simulação puramente em C/C++ e a simulação modelada em Linguagem Lua por meio do *wrapper* em desenvolvimento. Em breve, novas adaptações serão feitas, juntamente com a análise e comparação dos resultados obtidos.

```
1 model = doolines.Model()
2
3 line = model:create_line()
4 line:segment(1).lineData.EA = 22500.0
5 line:segment(1).lineData.EI = 140.0
6 line:segment(1).length = 100.0
7 line:segment(1).numElem = 100
8 line:segment(1).typeElem = 1
9
10 curr = model:current()
11 curr:point(1).depth = 0.0
12 curr:point(1).velocity = 0.0
13 curr:point(1).angle = 0.0
14 curr:point(2).depth = 500.0
15 curr:point(2).velocity = 0.0
16 curr:point(2).angle = 0.0
17
18 sim = model:create_simulation()
19 sim.simulation_time = 50.0
20 sim.step_print = 0.05
21 sim:run()
```

Figura 2: Adaptação de um arquivo de entrada do DOOLINES para Linguagem Lua.

# Ferramentas para otimização de sistemas de ancoragem

**Gabriel R. Domingos** (gabriel.domingos@lccv.ufal.br)  
Adeildo S. Ramos Júnior, Eduardo N. Lages

**Atividade de P&D**, Engenharia civil  
Duração: 24 meses (Em andamento)  
Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O projeto de sistemas de acoragem em estruturas navais *offshore* é uma atividade de alta complexidade e altos custos. O projeto destes sistemas depende de condições ambientais tais como forças de onda, corrente e vento, além da topografia do relevo submarino e das características mecânicas do solo e das próprias linhas de ancoragem. Existe ainda dependência com relação à interação com outros sistemas envolvidos com o processo de produção de hidrocarbonetos, como por exemplo os *risers*. O projeto dessas estruturas geralmente consiste em três passos gerais: concepção estrutural, dimensionamento, e análise e verificação. Dentro deste contexto, a proposta deste trabalho visa formular e implementar modelos computacionais baseados em técnicas de otimização topológica para auxiliar na definição da disposição inicial das linhas de ancoragem de uma estrutura *offshore* flutuante.

## Metodologia

Dentro do contexto do trabalho, decidiu-se então estudar um modelo constitutivo de cabos, para melhor descrever o material utilizado nas simulações. Trata-se de um modelo hiperelástico com consideração de grandes deslocamentos. Em seguida, foi escolhida uma formulação de otimização topológica discreta, chamada de aninhada, na qual se resolve primeiro o problema estrutural e em seguida o problema de otimização topológica. São usadas estratégias computacionais para a resolução do problema, com algoritmos especializados para a solução estrutural e para a solução de otimização. Também são consideradas formulações de múltiplos casos de carregamento e custo nodal.

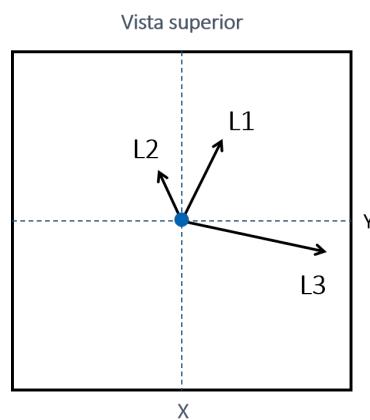


Figura 1: Vista superior de uma condição de três casos de carregamento.

## Resultados

Os resultados mais recentes mostram que a formulação é adequada para a aplicação, e que a mesma fornece resultados que podem ser utilizados na concepção inicial de sistemas de ancoragem. Um exemplo é apresentado a seguir, no qual se define uma malha de  $3 \times 3 \times 3$  nós ligados por elementos de barra, onde os nós inferiores são suportes e no nó central superior é aplicada a condição de carregamento da Figura 1. O resultado final desta simulação é apresentado na Figura 2, na qual se vê um sistema de ancoragem que resiste aos casos de carga aplicados apenas com esforços de tração, obedecendo o modelo constitutivo imposto.

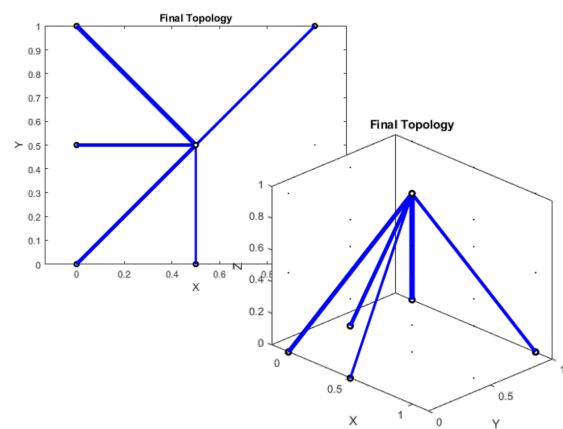


Figura 2: Resultados da simulação.

# Modelagem da força de colisão entre linhas no DOOLINES

Hélio F. C. Peixoto (hfcpeixoto@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 15 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A modelagem da força de colisão entre linhas de ancoragem e *risers* é essencial para sua análise, dado o ambiente extremamente dinâmico e suscetível a grandes deslocamentos devido aos diversos fatores atuantes nos sistemas submarinos. Para que esta modelagem seja possível durante a análise do comportamento das linhas são necessários dois elementos: a detecção eficiente do evento e uma formulação capaz de transmitir as forças atuantes nos corpos em colisão.

A atividade atual visa propor modelos de detecção e cálculo de esforços em um evento de colisão entre linhas e sua implementação no DOOLINES.

## Metodologia

A estratégia de detecção de colisão é baseada em atividade realizada no projeto DYNASIM 2, que antecedeu o atual contrato do DYNASIM 3. Esta estratégia consiste em utilizar uma estrutura hierárquica baseada em *axis-aligned bounding boxes*, responsável por diminuir drasticamente o esforço computacional para detecção de colisões. A modelagem das forças de colisão é feita por meio de um modelo elástico com amortecimento, seguindo a abordagem utilizada pelo software Orcaflex. As forças de contato são aplicadas aos nós dos elementos em colisão, de forma que não seja introduzido esforço fletor no elemento da linha. Toda a estratégia foi implementada em ambiente de testes,

em MATLAB, para validação numérica e posteriormente é implementada, com os ajustes de estruturas de dados necessários, no DOOLINES.

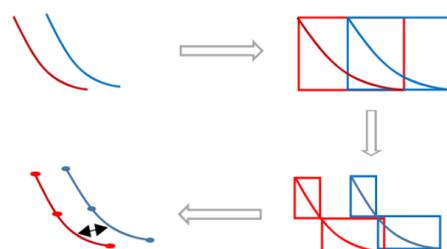


Figura 1: Ilustração da estratégia hierárquica de detecção de colisão entre linhas no DOOLINES.

## Resultados

As estratégias foram validadas no ambiente de testes e se mostraram robustas sendo capazes de modelar a colisão entre duas linhas de forma controlada. Após as validações iniciais, foi necessária uma análise profunda da estrutura de dados já existente do DOOLINES, dado que a estratégia de detecção demandava informações topológicas da malha de elementos que não eram armazenadas usualmente. Com estes ajustes, a estratégia foi implementada no ambiente do DOOLINES e já é capaz de modelar o contato. No entanto, ajustes ainda se fazem necessários para garantir a robustez do algoritmo e a avaliação de múltiplas linhas em um modelo.

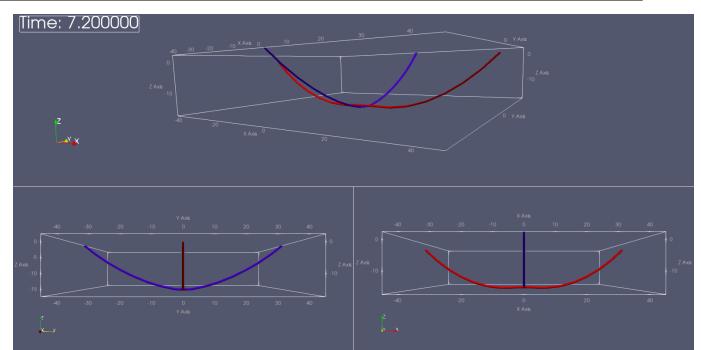


Figura 2: Linha inferior (azul) erguendo a linha superior (vermelha) por meio das forças de colisão implementadas nesta atividade.

# Atualização do manual do framework DOOLINES

**Hélvio F. C. Peixoto** (hfcpeixoto@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O DOOLINES é um framework com mais de uma década de desenvolvimento em parceria com a Petrobras. Durante este período inúmeras funcionalidades foram adicionadas a ele, demandando a constituição de um manual teórico que compile as informações matemáticas utilizadas internamente para a simulação de linhas. Esta atividade tem caráter permanente ao longo do projeto DYNASIM 3 e tem como objetivo documentar os avanços colocados em produção pela equipe do projeto. Também se espera que funcionalidades de projetos anteriores sejam revisadas e adicionadas, quando necessário.

## Metodologia

Para que seja possível realizar a atualização da documentação do DOOLINES, é feita uma revisão minuciosa dos relatórios dos projetos DYNASIM 1 e 2. As informações constantes nestes relatórios são cruzadas com as funcionalidades presentes na versão em produção do DOOLINES. Desta forma, é possível identificar funcionalidades que não estejam documentadas no manual ou que estejam desatualizadas.

Para as atividades do projeto corrente, busca-se manter o manual atualizado com as funcionalidades descritas em relatórios técnicos do projeto. É feito ainda o monitoramento do repositório do framework para atualizar a documentação quando da liberação de uma nova funcionalidade para as versões de produção do DOOLINES.

## Resultados

Durante a etapa de revisão de relatórios de contratos anteriores ligados ao DOOLINES, foram identificadas 10 funcionalidades que deveriam ser adicionadas ou atualizadas no DOOLINES. Até outubro de 2020, seis destas funcionalidades foram devidamente analisadas e os ajustes ou adições ao manual foram realizadas. Para o próximo período do projeto, espera-se adequar as outras quatro funcionalidades identificadas, bem como novas funcionalidades que venham surgir dos desenvolvimentos atuais do projeto.



MANUAL TEÓRICO DO DOOLINES

Versão 1.2

26 de outubro de 2020

# Estudo e Implementação de Ferramenta de Teste Funcional Integrada ao Ambiente de Desenvolvimento do framework DOOLINES

**Márcia Eduarda R. Martins** (marciaeduardalc@gmail.com)

Hélvio F. C. Peixoto, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

**Iniciação científica**, Engenharia química

Duração: 34 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O framework DOOLINES vem sofrendo constantes modificações nos seus códigos para fins de melhoramento e correção. Tornam-se então necessárias a verificação e validação antes que as novas versões sejam disponibilizadas aos usuários finais. A cada nova atualização, erros podem ser introduzidos e, consequentemente, geradas divergências com versões anteriores. Diante disso, faz-se necessária a criação de um mecanismo de teste de software, capaz de verificar consistências entre as versões de atualizações. Esta atividade é focada na criação de uma ferramenta automatizada de teste funcional para a realização de simulações e comparações com uma resposta previamente validada nas versões do DOOLINES.

## Metodologia

A ferramenta é dividida em duas partes, sendo a primeira responsável pela realização dos testes unitários, na qual cada classe tem seus métodos testados separadamente e já foi totalmente concluída. A segunda parte é responsável pelos testes funcionais e foi desenvolvida em seis etapas, que são apresentadas na Figura 1. Inicialmente a ferramenta foi implementada para receber um arquivo de entrada com os caminhos para o arquivo executável do DOOLINES e os diretórios contendo os testes a serem executados. No entanto, esta abordagem mostrou-se muito complexa quando é necessário inserir ou remover novos cenários de teste, de forma que uma versão da ferramenta que seja capaz de trabalhar sem arquivo de entrada está em desenvolvimento. Após a identificação dos cenários de teste, estes são rodados e é feita uma verificação de consistência com os arquivos de referência. Caso não sejam identificadas discrepâncias entre os arquivos de referência e os resultados

gerados, é feito o cálculo da norma euclidiana e a escrita dos relatórios gerais de cada cenário.

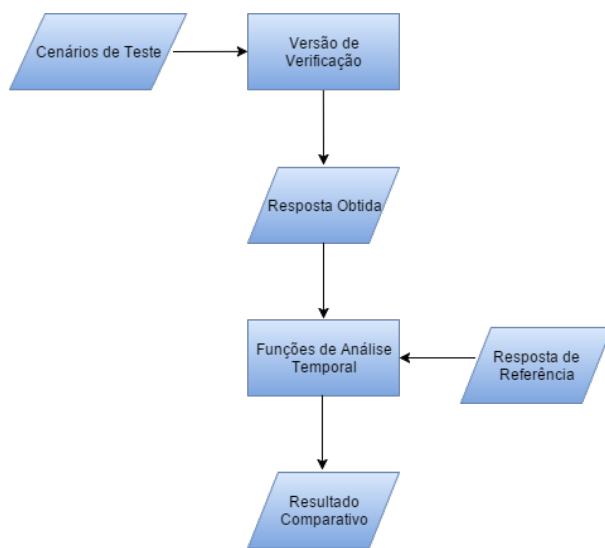


Figura 1: Fluxograma da ferramenta de testes.

## Resultados

A ferramenta já é capaz de executar e verificar a conformidade com os dados de referência do DOOLINES. Para fins de aprimoramento, foi iniciado o desenvolvimento de um relatório geral que contempla os resultados de todos os testes executados e facilita a visualização mais rápida de possíveis divergências nos arquivos analisados. Também está em fase final de desenvolvimento a possibilidade de trabalhar sem um arquivo de entrada, dando assim mais flexibilidade à ferramenta.

# Modelo de simulação dinâmica para linhas de ancoragem em configuração catenária

Milton M. G. Santos (milton.guimaraes@lccv.ufal.br)  
Eduardo N. Lages

**Projeto de P&D**, Engenharia civil  
Duração: 29 meses (Em andamento)  
Parceiros: PUC-RJ & USP, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Este projeto objetiva construir uma formulação para simulação de linhas de ancoragem em configuração catenária e analisar o comportamento mecânico deste elemento estrutural que vincula unidades flutuantes em ambientes *offshore* com o piso marinho (ver Figura 1). A formulação proposta visa descrever a dinâmica das linhas de ancoragem de forma fiel ao problema físico, provendo resultados mais complacentes à dinâmica com menor custo computacional. Desse modo, propõe-se o uso de soluções analíticas para a descrição da linha de modo a incorporar iterativamente os efeitos dinâmicos proveniente do ambiente *offshore*.

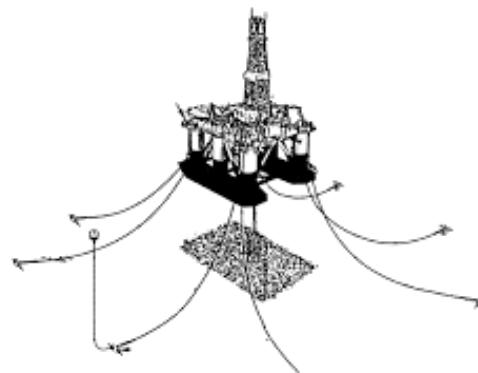


Figura 1: Sistema de linhas de ancoragem em catenária.

## Metodologia

O método investigado toma uso do modelo analítico de cabos deformáveis submetidos a cargas uniformemente distribuídas. Por meio desse modelo, a linha é prescrita e discretizada de acordo com as condições existentes para um dado instante da simulação. Com a prescrição do movimento do *fairlead* da linha de ancoragem, as ações dinâmicas discretizadas ao longo da linha são obtidas e uniformizadas ao longo da linha, a qual é novamente submetida ao processo de prescrição e discretização da linha (ver Figura 2). Assim, um método iterativo é construído para obter a prescrição final da linha para um dado instante temporal, no

qual cada instante contemplará uma análise estática considerando a influência da dinâmica sobre a descrição da linha.

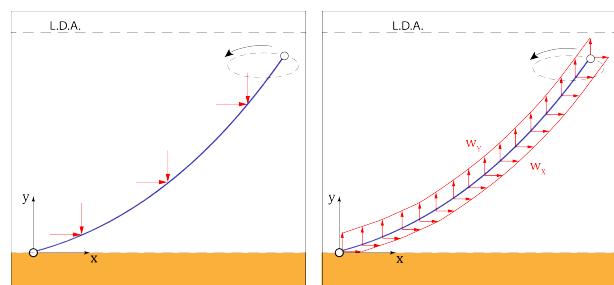


Figura 2: Homogeneização das ações dinâmicas.

## Resultados

Este projeto investiga uma nova metodologia de simulação dinâmica de linha de ancoragem em configuração catenária mais eficiente, tomando uso de solução analíticas para a descrição da linha. A formulação foi implementada em casos dinâmicos de movimentos prescritos e avaliada segundo seu histórico de tração no *fairlead*, no qual o método demonstrou uma boa representatividade, apesar de afastar ligeiramente dos resultados de referência em seus valores extremos. Por último, a formulação continua sobre investigação, buscando aprimoramento dos resultados.

# Estudo e implementação do cálculo de vibrações induzidas por vórtices

**Pedro Henrique R. M. Bastos** (pedro.bastos@lccv.ufal.br)  
 Michele A. L. Martins, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

**Projeto de P&D**, Engenharia civil  
 Duração: 12 meses (Em andamento)  
 Parceiros: USP, PUC/Rio, Financiamento: CENPES/PETROBRAS

## Introdução

O presente projeto almeja o entendimento do fenômeno de vibração induzida por vórtices, para então desenvolver modelos matemáticos que, quando apropriadamente implementados computacionalmente e devidamente acrescidos ao *framework DOOLINES*, permitirão o cálculo e caracterização do fenômeno. Tal estudo é importante, pois as vibrações induzidas por vórtices podem causar grandes danos (fadiga) às estruturas de dutos utilizadas em exploração de petróleo *offshore*.



Figura 1: Típicas estruturas de exploração offshore. Fonte: Genesis Oil and Gas Consultants Ltd.

## Metodologia

Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica, no intuito de obter maior entendimento do fenômeno físico e dos métodos matemáticos necessários pra representá-lo. Em seguida, a implementação do código foi iniciada, com o intuito de acrescer o cálculo das forças causadas pelas vibrações induzidas por vórtices ao *framework DOOLINES*. Feito isso, iniciou-se o esforço de verificação do código, para garantir que as forças de arrasto e sustentação causadas pelo VIV estejam sendo calculadas e representadas corretamente no *framework*.

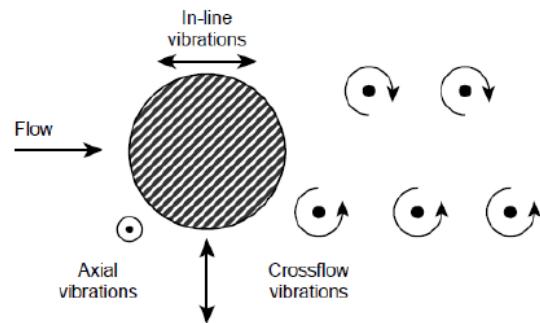


Figura 2: Vibrações induzidas por vórtices. Fonte: Ahmed et al. (2014).

## Resultados

Este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento, verificação e implementação de modelos matemáticos no *framework DOOLINES* que representem o fenômeno das vibrações induzidas por vórtices, permitindo então a quantificação dos esforços induzidos. Assim, será possível agregar essa funcionalidade ao sistema *DYNASIM*, no qual o DOOLINES é responsável pela análise estática e dinâmica das linhas. A implementação está atualmente passando por um esforço de verificação, buscando encontrar e corrigir quaisquer erros de cálculo para que o fenômeno seja representado corretamente.

# Desenvolvimento de uma ferramenta web para modelagem de dutos rígidos submarinos

**Emerson A. F. Santos** (emerson\_acacio@lccv.ufal.br)

Renato R. L. Santos, Josué D. Silva Neto, Weverton M. Silva, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 50 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A etapa de modelar problemas numéricos complexos em elementos finitos pode demandar bastante tempo, principalmente quando as aplicações são genéricas, desenvolvidas para qualquer cenário, exigindo um conjunto de passos nem sempre intuitivos. Esta ferramenta vem com o objetivo de simplificar a modelagem de dutos rígidos submarinos, por meio da automatização do processo de desenvolvimento do modelo numérico e consumo de informações já existentes em banco de dados. Sendo assim, o presente trabalho foi dedicado ao desenvolvimento do *frontend* da aplicação, englobando a interface *web*, com todos os seus componentes, e a comunicação com o *backend*.

## Metodologia

Com o objetivo de evitar retrabalho, o *layout* da interface foi desenvolvida na forma de *mockup*, construído por meio de diversas interações com o público alvo, com o intuito de atender as necessidades e o conforto dos usuários. A interface está sendo implementada em *JavaScript* com o emprego de tecnologias amplamente difundidas no mercado (Figura 1). Neste sentido, o *React* vem sendo empregado, permitindo o desenvolvimento baseado em componentes encapsulados, que gerenciam seus próprios estados e se agrupam, formando uma interface complexa.

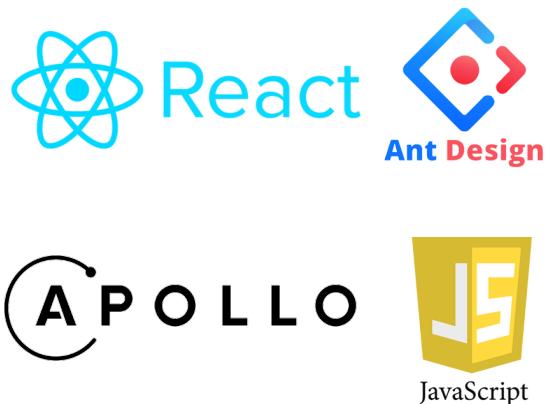


Figura 1: Tecnologias empregadas para o desenvolvimento.

## Resultados

Atualmente o *mockup* desenvolvido foi validado com sucesso, atendendo às necessidades dos usuários (Figura 1). Desta forma, o *frontend* está sendo implementado e já se encontra funcional, permitindo a construção de um modelo numérico e a escrita dos arquivos de entrada para simulação no ABAQUS®.

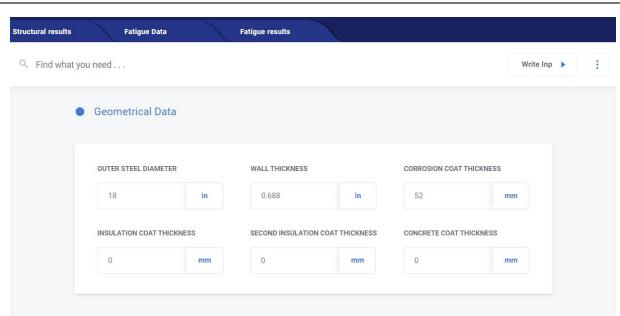


Figura 2: Exemplo da interface.

# Avaliação da influência do comprimento do vão adjacente no comportamento multivão

Josué D. Silva Neto (josue.neto@lccv.ufal.br)

Renato R. L. Santos, Weverton M. Silva, Emerson A. F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 50 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A DNVGL-RP-F105 apresenta um modelo indicativo para identificar se vãos livres podem interagir de acordo com a rigidez do solo (Figura 1). Sollund et al. (2014), propõe um método semi-analítico para análise da resposta de multivãos como uma resposta rápida e precisa da interação dos vãos em relação à análise de elementos finitos. Como forma de definir os limites de aplicação para o modelo *flat model* implementado foram gerados diversos modelos multivão e analisado o efeito da variação do comprimento dos ombros por meio de um estudo paramétrico para estabelecer como a presença de

um vão adjacente afeta as frequências naturais e confrontados com o modelo previsto na Figura 1.

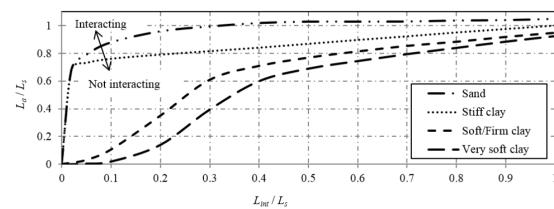


Figura 1: Classificação de vãos livres de acordo com o tipo de solo (DNVGL-RP-F105).

## Metodologia

O estudo paramétrico construído para avaliar o comportamento multivão contou com a variação dos seguintes parâmetros: comprimento de vão adjacente, comprimento do vão principal e comprimento do ombro intermediário entre os vãos. Além disso, o estudo foi realizado em diferentes condições de solo (de argila mole à areia densa), tendo como variável de estudo a razão entre a frequência do primeiro modo de vibração, para um vão único e isolado, em relação ao resultado do modelo multivão.

## Resultados

Como observado na Figura 2, o modelo numérico apresentou comportamento similar ao teórico em relação a rigidez do solo. Quanto mais rígido o solo, menor a influência do vão adjacente na frequência de vibração do duto. É importante destacar que a maior influência do comportamento multivão foi observada na direção *cross-flow* e não na *in-line*.

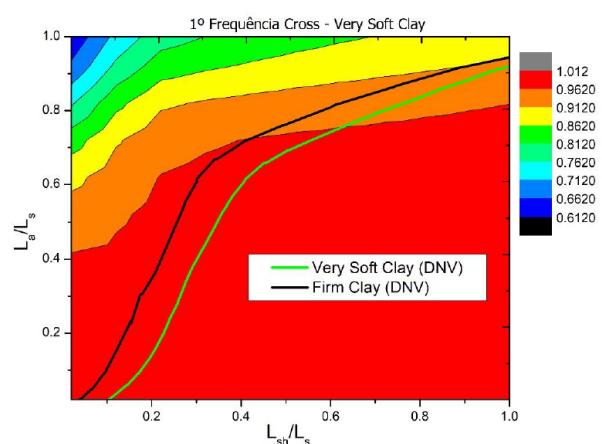


Figura 2: Resultado para a condição de argila mole.

# Calibração do máximo comprimento de ombro admissível para modelos simplificados de avaliação de dutos em vãos livres

Josué D. Silva Neto (josue.neto@lccv.ufal.br)

Renato R. L. Santos, Weverton M. Silva, Emerson A. F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 50 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Para representar a batimetria real do solo marinho de modo simplificado, é comum ao projetista delimitar longos trechos de ombros, em relação ao comprimento do vão. Esta prática vem da necessidade de garantir que a resposta dinâmica do vão livre não seja afetada por perturbações nas redondezas do vão, todavia não fornece uma representação realista da batimetria. Sollund et al. (2014) verificou que, para modelos multivâo, a frequências fundamentais nas direções *in-line* e *cross-flow* crescem conforme a relação  $L_{sh}/D$  (comprimento do ombro em relação ao diâmetro do duto) aumenta até atingir um pico em  $L_{sh}/D = 20$ . Propõe-se verificar se o modelo *flat shoulder* simplificado implementado no IntegriSpan está de acordo com o proposto por Sollund et al. (2014).

## Metodologia

Para as análises realizadas, foram construídos um modelo com vão(s) de 20m, configurando um  $L/D = 60$  (Figura 1). O objetivo desta análise é avaliar o comprimento de ombro admissível para um modelo *flat shoulder*. Esta avaliação foi realizada a partir da extração das frequências naturais nas direções *in-line* e *cross-flow* para cada caso simulado e posterior verificação da convergência dos valores extraídos a partir de certo comprimento de vão. Os seguintes parâmetros foram considerados: diâme-

tro do duto de 0,33m ( $D$ ), comprimento de vão de 20m ( $L_s$ ) e comprimento de ombro variando entre 3,3m e 33m ( $10 < L_{sh}/D < 100$ ).

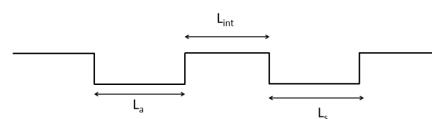


Figura 1: Estrutura das variáveis do estudo paramétrico.

## Resultados

Conforme observado na Figura 2, o modelo implementado no IntegriSpan está de acordo com o proposto por Sollund et al (2014). A partir de  $L_{sh}/D = 20$  alterações no comprimento do ombro geram mudanças insignificativas nas frequências fundamentais em ambas as direções. Os resultados foram confrontados com a RP-F105, por meio da FatFree, mostrando que os valores resultantes das análises de elementos finitos estão em consonância com os valores calculados de forma analítica pela DNVGL-RP-F105, respeitando o erro relativo, de  $\pm 5\%$ , principalmente para a primeira frequência. Os resultados deste trabalho permitem delimitar um comprimento de ombro padrão para os mode-

los gerados pelo IntegriSpan, resultando em otimização do tempo de simulação.

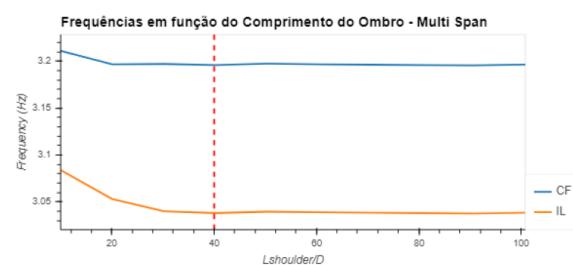


Figura 2: Valores das frequências em relação ao comprimento do vão intermediário.

# Estudo paramétrico em dutos rígidos com vãos-livres por meio de técnicas de DOE

**Matheus A. Miranda** (matheus\_miranda@lccv.ufal.br)

Emerson A. F. Santos, Josué D. Silva Neto, Eduardo S. S. Silveira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PIBIC/UFAL

## Introdução

Os avanços na área de petróleo e gás em regiões *offshore* exigiram sistemas de dutos submarinos cada vez mais extensos. Devido às irregularidades no leito marinho, trechos dos dutos encontram-se em situação de vão livre, ou seja, não se encontram totalmente apoiados no solo. Vãos livres extensos representam um risco à integridade estrutural do sistema, pois expõem os dutos ao fenômeno de vibrações induzidas pelo desprendimento de vórtices (VIV). Nesse sentido, é de extrema importância conhecer os parâmetros mais influentes para esse fenômeno. O objetivo deste trabalho é usar técnicas de Planejamento de Experimentos (*Design of Experiments - DOE*) para determinar quais variáveis de projeto são mais influentes sobre um duto submetido a VIV.

## Metodologia

Técnicas de DOE permitem determinar quais variáveis são mais influentes sobre a resposta de um determinado problema. Desta forma, a variável resposta avaliada neste trabalho foi o esforço axial efetivo no meio do trecho em vão livre. Sendo assim, as seguintes variáveis de projeto foram selecionadas para a aplicação de DOE: densidade do aço, módulo de elasticidade longitudinal, diâmetro externo de aço, espessura da parede de aço e o comprimento do vão. Utilizou-se um modelo de viga bi-engastada como representação do trecho em vão livre, o *software* de elementos finitos Abaqus® para obter o valor do esforço axial efetivo, extraídos com implementações em Python e seguindo as recomendações prescritas na DNVGL-RP-F105. Por meio da ferramenta Isight®, aplicaram-se os seguintes procedimentos de DOE: experimento fatorial completo, experimento fatorial fracionado utilizando a fração de 1/3 e amostragem por hipercubo latino (com 122 combinações selecionadas).

## Resultados

Os resultados indicaram que o comprimento do vão livre foi o fator mais influente no modelo utilizado para as 3 técnicas, destacando-se também o efeito de interação entre o comprimento e a densidade do aço, de acordo com os gráficos de Pareto obtidos (ver Figura 2). Apesar de necessitarem de menos simulações, as técnicas de experimento fatorial fracionado e amostragem por hipercubo latino produziram resultados semelhantes aos do experimento fatorial completo. Logo, a realização de estudos paramétricos por meio de técnicas de DOE possibilita o conhecimento das variáveis mais influentes em um duto submetido a VIV e pode otimizar as simulações numéricas necessárias para o projeto de dutos.

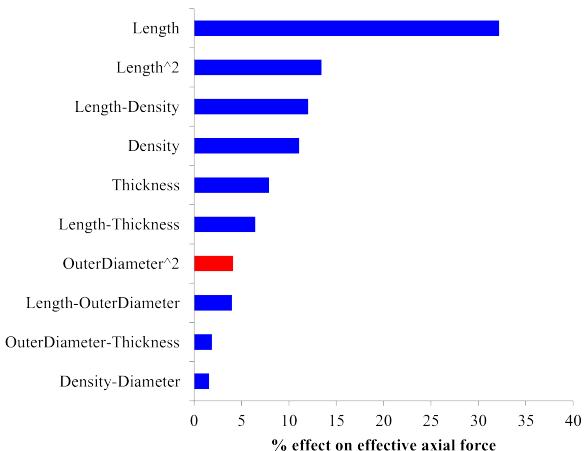


Figura 1: Resultados do Fatorial Completo.

# Desenvolvimento de uma ferramenta web para análise de fadiga em dutos rígidos submarinos.

**Renato R. L. Santos** (renato.ramos@lccv.ufal.br)

Josué D. Silva Neto, Weverton M. Silva, Emerson A. F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 50 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O presente trabalho consistiu no desenvolvimento da interface gráfica do módulo de análise de fadiga da ferramenta numérica customizada (IntegriSpan) para análise de fadiga em dutos rígidos com vãos-livres submetidos à VIV. Essa seção da interface destina à coleta de dados que possibilitem, juntamente com dados de outros módulos, avaliar a fadiga causada por VIV.

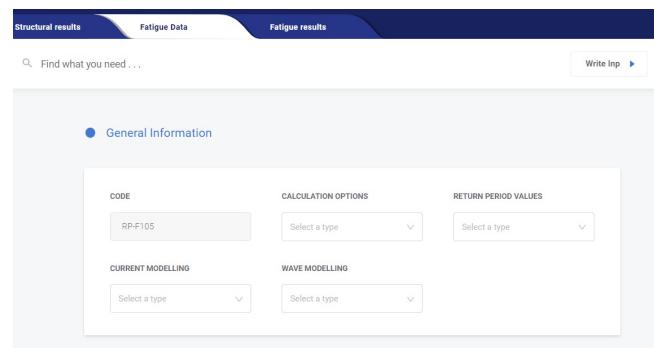


Figura 1: Estruturas submarinas.

## Metodologia

A interface da ferramenta IntegriSpan foi desenvolvida com a linguagem de programação Java Script, utilizando o framework React JS. Os componentes da interface foram construídos baseados na biblioteca de componentes Ant Design e o gerenciamento de estado de toda a aplicação utiliza Redux, que é uma biblioteca que se inspira na arquitetura Flux, usada pelo Facebook. Os dados da aplicação são armazenados e consumidos por meio de uma API GraphQL desenvolvida dentro do projeto IntegriSpan, utilizando a ferramenta Apolo Client.

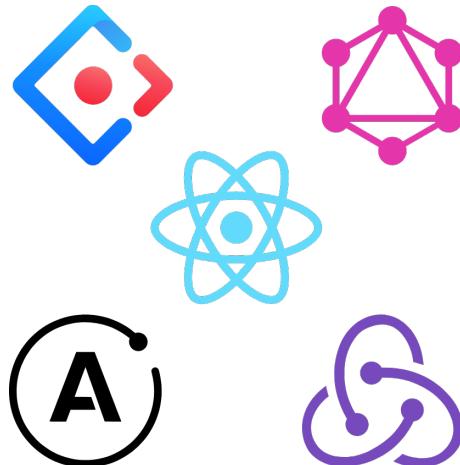


Figura 2: Ferramentas utilizadas no projeto.

## Resultados

A seção da interface que lida com o módulo de análise de fadiga foi criado com o objetivo de receber dados de corrente, propriedades do solo e fatores de segurança. Esses dados em conjunto com as informações oriundas do módulo de modelagem estrutural, possibilitam avaliar a fadiga causada por VIV, conforme o conjunto de práticas recomendadas DNVGL-RP-F105-2017 (FreeSpanning Pipelines).

# Modelagem e implementação do *backend* para a aplicação IntegriSpan

Weverton M. Silva (weverton.marques@lccv.ufal.br)

Renato R. L. Santos, Josué D. Silva Neto, Emerson A. F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O projeto IntegriSpan se propõe a desenvolver uma aplicação para facilitar o fluxo de geração de modelos para análise de fadiga em dutos em vão-livre. Essa aplicação deverá conter uma série de funcionalidades para pré e pós-processamento de dados de análise de fadiga, como geração de arquivos de entrada do software de simulação (ABAQUS®), processamento dos resultados e geração de gráficos com os resultados. A presente atividade prevê modelar e implementar a aplicação do *backend*, responsável por disponibilizar essa as funcionalidades previstas para a aplicação por meio de uma API.

## Metodologia

O desenvolvimento de aplicações web modernas promovem a separação dos componentes em *frontend* (responsável pela interface gráfica executada no cliente) e *backend* (responsável pelas regras de negócio e manipulação do banco de dados), que se comunicam por meio de uma API. Isso permite que esses componentes possam se utilizar do conjunto de tecnologias mais adequado para cada tarefa. Uma vez que as funcionalidades da aplicação, associadas às regras de negócio, já estão implementadas em Python, essa foi a linguagem escolhida para a implementação de parte do *backend*, o que facilita a reutilização de código e comunicação interna no lado do servidor. A aplicação deve se beneficiar do uso de APIs dos serviços providos pelo sistema SubWeb/SQUID. De modo a trabalhar com um único modelo, a API do *backend* implementará o modelo de *GraphQL*.

## Resultados

Com base nas premissas adotadas, foi elaborado um *backend* que segue a arquitetura apresentada na Figura 2. As requisições que chegam ao *backend* são verificadas utilizando a API de autenticação da SQUID. Uma vez validada, a requisição é encaminhada ao *endpoint* requisitado: */functions* (onde estão as funções com as regras de negócio) ou */database* (gerada pelo Hasura, que mapeia as tabelas de um *schema* do banco de dados PostgreSQL em uma API *GraphQL*). O emprego da aplicação Hasura se deve à facilidade com o qual ela resolveu o problema de criação de uma API *GraphQL* completa e performática para as operações de *CRUD* do banco de dados, permitindo que o desenvolvimento focasse na entrega de valor, por meio da implementação das funções associadas às regras de negócio da aplicação. Os retângulos azuis indicam que a aplicação roda em *containers* Docker, e as setas rosas indicam onde a comunicação

ocorre por meio de uma API *GraphQL*.

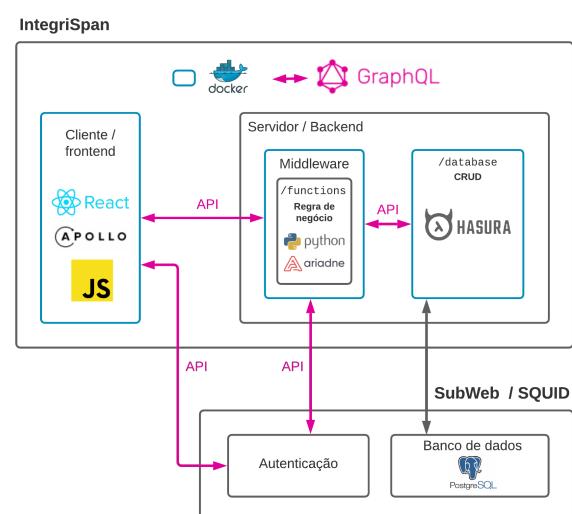


Figura 1: Arquitetura da aplicação IntegriSpan.

# Engenharia de Poços

# Algoritmo de Árvore Binária de Busca Aplicada à Seleção de Revestimentos de Poços Baseado em Mínimo Custo

Douglas A. M. Lima Filho (douglas.albuquerque@lccv.ufal.br)

Lucas P. Gouveia, Thiago B. Silva, Luís Philipe R. Almeida

**Projeto de P&D**, Engenharia de petróleo

Duração: 24 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Neste trabalho apresenta-se uma estratégia de busca para o mínimo custo de um projeto de revestimento por meio de um algoritmo de seleção de tubos baseado em uma Árvore Binária de Busca, com objetivo de realizar essa busca mais rapidamente e com um menor custo computacional. Diferentes pesos e graus de aço disponíveis permitem ao projetista um grande espectro de combinações de tubos que, se bem escolhidos, assegura ao poço de petróleo uma maior durabilidade estrutural a um baixo custo associado à sua construção. Portanto, o problema de seleção consiste em uma otimização discreta, considerando o catálogo de tubos disponíveis por um ou mais fornecedores.

## Metodologia

O módulo SCORE é o responsável pelo cálculo dos diferentes cenários de carregamento de serviço e sobrevivência. Os critérios de inserção desses elementos permitem ao algoritmo uma busca diferente do que é visto em uma busca linear, por exemplo. Ao lado (Figura 2) é esquematizado como se dá uma árvore binária, onde é possível observar que os tubos de menor preço localizam-se mais à esquerda e o análogo ocorre com tubos de maiores preços, e essa propriedade é válida partindo de qualquer nó da árvore. Uma vez que um determinado tubo na árvore não é suficiente para obedecer à restrição dos fatores segurança mínimos previsto em norma, um tubo mais à direita é testado. Caso um determinado tubo consiga resistir

às solicitações, esse tubo é armazenado e um tubo mais à esquerda é testado a fim de se encontrar um novo tubo de menor custo.

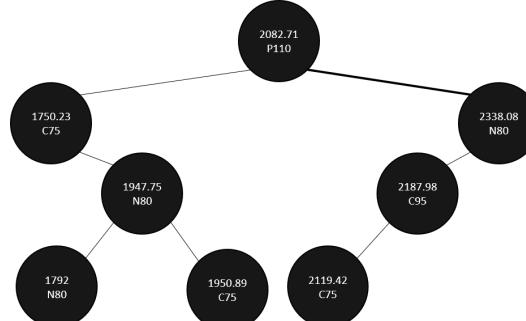


Figura 1: Ilustração de uma árvore binária.

## Resultados

Na Figura 2, um estudo comparativo entre o algoritmo de árvore binária e o de busca linear (tubos ordenados previamente) é apresentado. Pode ser observado uma taxa de convergência mais satisfatória ao adotarmos a árvore binária em detrimento da busca linear. Em catálogos com grande quantidade de tubos, vê-se que ele se apresenta mais eficiente quanto maior o custo do tubo que se deseja encontrar, onde o algoritmo alcança essas respostas mais rapidamente com um custo computacional e um número menor de chamadas do módulo SCORE, evidenciando seu potencial.

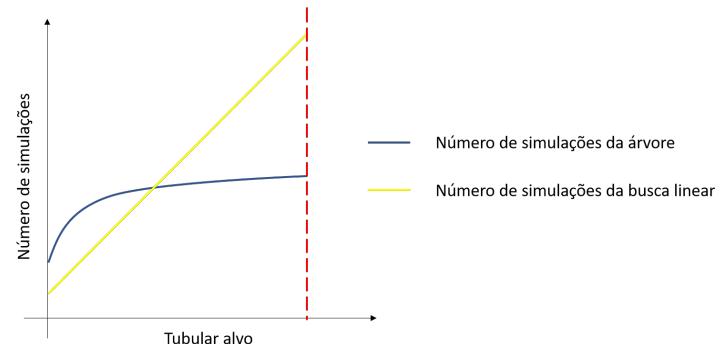


Figura 2: Comparação entre métodos.

# Uma Abordagem Probabilística na Avaliação da Integridade Estrutural de Poços de Petróleo

Thiago B. Silva (thiago.barbosa@lccv.ufal.br)

Lucas P. Gouveia, Eduardo T. Lima Junior, João Paulo N. Araújo, João Paulo L. Santos, William Wagner M. Lira

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A integridade estrutural de um poço corresponde à sua característica de suportar adequadamente os esforços presentes em seu ciclo de vida, contemplando carregamentos durante as fases de construção e operação. Percebe-se, então, a relação entre a integridade de um poço e sua segurança, de forma que a perda de integridade aumenta consideravelmente o risco de acidentes. Este trabalho apresenta uma nova metodologia para análise probabilística de integridade estrutural durante as fases de construção dos poços, considerando as incertezas associadas às variáveis que governam seu comportamento. A estimativa da probabilidade de falha é realizada por meio do método de transformação FORM (ver Figura 1).

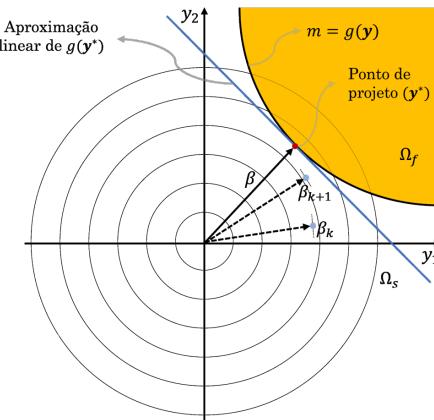


Figura 1: Reapresentação gráfica da busca do ponto de projeto para um problema com duas variáveis.

## Metodologia

A construção do Envelope Probabilístico de Integridade (EPI) é realizada a partir da estimativa da probabilidade de falha ao longo da construção do poço, contemplando os carregamentos pertinentes para cada etapa da atividade de perfuração, além da possibilidade da ocorrência de falha simultânea. Os caminhos de fluxo no poço definidos na norma NORSO D-010 (2004) são mapeados, sobretudo aqueles que possuem associação com os cenários estabelecidos no documento N-2752b (2014). A resistência dos tubulares é realizada com base nos modelos definidos no código API TR 5C3 (2008).

## Resultados

Os resultados das análises de confiabilidade dos revestimentos estão apresentados na forma de um envelope probabilístico de integridade, conforme pode ser visto na Figura 2. O produto dessa nova metodologia é o Envelope Probabilístico de Integridade (EPI), o qual fornece ao projetista um indicativo de integridade estrutural associado aos tubos de revestimento, que vai além do fator segurança convencional. Dessa forma, estimam-se os níveis de segurança de forma integrada ao longo dos cenários de carregamento previstos, aumentando a abrangência e a qualidade do dimensionamento.

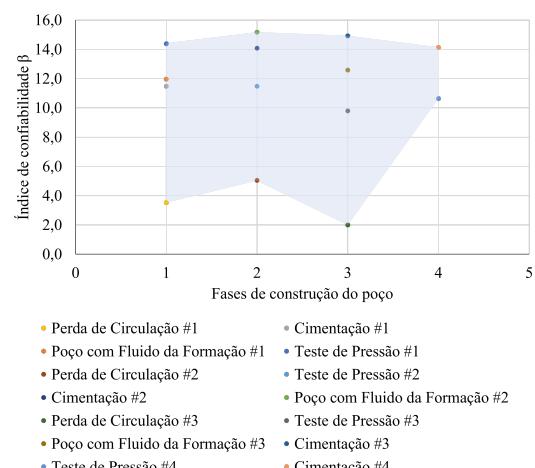


Figura 2: Envelope probabilístico de integridade.

# Modelos de Otimização Baseada em Confiabilidade Aplicados à Integridade de Revestimentos de Poços

Gabriel T. Silveira (gabriel.silveira@ctec.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PIBIC/CNPq

## Introdução

O sistema de revestimentos apresenta grande relevância na construção e operação de poços de petróleo, tanto em função dos aspectos de estanqueidade e segurança estrutural, como em função do alto impacto financeiro associado à escolha de seus parâmetros e materiais de projeto. (ver Figura 1). Seu dimensionamento deve contemplar as diferentes configurações de carregamento atuantes, constituídas por pressões interna e externa aos tubulares, esforços axiais, de flexão e torque, além de efeitos de temperatura. Neste contexto, o dimensionamento probabilístico de revestimentos permite a estimativa da probabilidade de falha associada a um cenário de carregamento qualquer, seja em condições de serviço ou sobrevivência. As incertezas inerentes às características geométricas e mecânicas dos tubos, decorrentes da não uniformidade no processo de fabricação, são consideradas no dimensionamento a partir de modelos advindos da Teoria de Confiabilidade Estrutural. Ainda, técnicas de otimização podem ser empregadas para automatizar o processo de seleção dos tubos, feito tipi-

camente por métodos analíticos baseados nas premissas de mínimo peso e mínimo custo da coluna de revestimento. Assim, propõe-se o emprego de modelos de otimização baseada em confiabilidade (*Reliability Based Design Optimization – RBDO*), nos quais os valores admissíveis de probabilidade de falha da estrutura são incorporados ao conjunto de restrições do problema de otimização não linear.

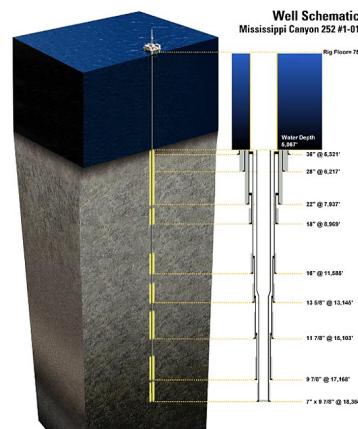


Figura 1: Esquema do sistema de revestimentos.

## Metodologia

Conforme apresentado em Leonel (2009), o problema de RBDO é desenvolvido em dois domínios diferentes. No domínio físico, definem-se as variáveis de projeto, a função objetivo e as restrições do problema, fazendo-se a busca pelo ponto ótimo. No domínio de confiabilidade, faz-se a avaliação da segurança da estrutura para um dado conjunto de valores das variáveis de projeto. Neste acoplamento, as restrições quanto à probabilidade de falha são verificadas a cada iteração do processo de busca, por meio de consultas ao modelo de confiabilidade. Adotam-se, neste trabalho, a variante *single loop* de RBDO, o método de otimização determinística SLSQP (programação sequencial de mínimos quadrados) e o método de otimização inteira *branch-and-bound* para a seleção do espécime dentro de um catálogo de exemplares disponíveis.

## Resultados

Ao se aliar a otimização baseada em confiabilidade com o método *branch-and-bound* de otimização inteira foi possível obter resultados condizentes com o requerido inicialmente, garantindo a performance dos espécimes, sem comprometer o dimensionamento com tubulares demasiadamente robustos.

# Análise Numérica da Resistência ao Colapso em Tubulares de Revestimento de Poços Dotados de Imperfeições de Manufatura e Desgaste

Gustavo T. Silva (gustavo.silva@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, Lucas P. Gouveia

**Dissertação de mestrado**, Engenharia civil

Duração: 30 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Sistemas de revestimento de poços de óleo e gás consistem em elementos tubulares instalados ao longo da profundidade, proporcionando estabilidade e estanqueidade, devendo atender a rigorosas premissas de integridade estrutural, principalmente em se tratando de cenários *offshore*. O presente estudo expõe uma análise numérica da perda de resistência ao colapso de tubulares perfeitos, imperfeitos e internamente desgastados, admitindo-se estado plano de deformação, em regime físico e geometricamente não linear. Desta forma, são apresentados estudos paramétricos e de caso para avaliação da influência dos parâmetros de esbeltez, ovalização, excentricidade, tensão residual e desgaste, este adotado em forma de canaleta ou perfilado, nas pressões resistentes ao colapso de tubulares.

## Metodologia

Segundo a metodologia deste trabalho, as simulações levam em conta modelos bidimensionais simplificados, representados pelas seções transversais dos tubulares. O modelo numérico por elementos finitos é capaz de simular o colapso de tubos contemplando todo o intervalo de esbeltez transversal usual encontrado nos catálogos específicos de revestimentos. Portanto, esta metodologia pode estimar resistências ao colapso para espécimes de seção transversal esbelta, intermediária e robusta, cujos mecanismos de falha diferem entre si pela presença ou não de instabilidade da seção transversal. As configurações de início de flambagem e esmagamento pós-flambagem da seção para o tubo

perfilado podem ser visualizadas na Figuras 1 (a) e (b), respectivamente.

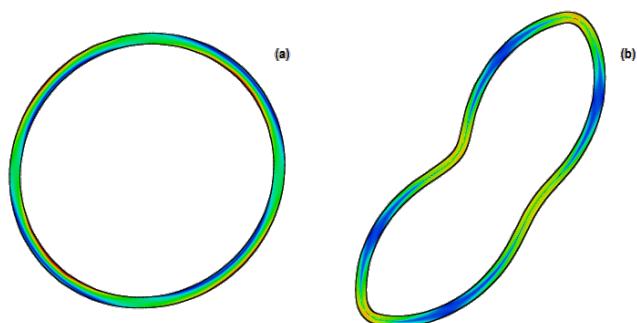


Figura 1: Início do colapso e esmagamento do tubo.

## Resultados

O emprego desta ferramenta numérica mostra-se promissor para a melhor percepção e entendimento do fenômeno do colapso. Observa-se, pelos resultados numéricos deste trabalho, que a ovalização inicial é, dentre as imperfeições consideradas, a que detém o maior impacto no decréscimo das pressões resistentes de elementos tubulares, fato indicado pelas curvas de pressão de colapso *versus* esbeltez transversal, para diferentes graus de ovalização, presentes na Figura 2, estando portanto, de acordo com os resultados expostos na literatura.

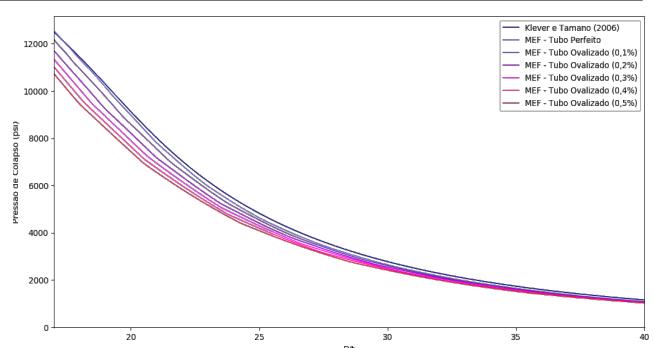


Figura 2: Curvas de pressão de colapso *versus* esbeltez.

# Aplicação Web de Apoio ao Projeto de Tubos de Revestimentos no Sistema SAEP

Hugo V. F. Azevedo (hugo.azevedo@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, Lucas P. Gouveia, Eduardo S. Paranhos Sobrinho

Iniciação científica, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Durante projeto de poços de óleo e gás, uma das suas principais etapas é o dimensionamento dos revestimentos. Os custos associados a esses tubulares são significativos, de modo que a realização do projeto, quando feita de forma ótima, garante a integridade estrutural do poço, ao menor custo possível. Destaca-se a importância que os revestimentos possuem em manter o poço aberto; impedir a troca indesejada de fluidos entre o poço e a formação; servir como condutor de fluidos tanto da formação para a superfície durante a produção, como do caminho inverso na injeção. Diante disso, viu-se a necessidade de contribuir para o dimensionamento dos tubulares, a partir da elaboração de uma ferramenta web no Sistema de Aplicações de Engenharia de Petróleo (SAEP), que sirva como objeto educacional e profissional na avaliação expedita de esforços aos quais os revestimentos estão submetidos em cenários de carregamento.

## Metodologia

O principal objetivo do trabalho é desenvolver uma ferramenta web programada com o auxílio da biblioteca *Django* da linguagem de programação *Python*, que seja capaz de calcular as principais resistências preconizadas pela API TR 5C3, considerando-se os modelos históricos e as formulações baseadas em Estado Limite Último, mais recentes. A interface da ferramenta pode ser vista na Figura 1.

## Resultados

Espera-se que a ferramenta seja útil no auxílio educacional e profissional a projetos de revestimento de poço, de modo que contribua para um melhor entendimento das resistências atreladas aos tubos e conexões. Como forma de exemplificação de uso, demonstra-se na Figura 2 um tubo de grau P110, com diâmetro externo de 10 3/4 pol e espessura de parede de 0.797 pol. A conexão especificada é do tipo Short Round Thread. Nos dados de entrada não foram informados valores de pressão interna ou externa, nem de força axial, de forma que são apresentados os valores de resistência uniaxial, sem combinação de cargas, nem redução da tensão de escoamento do aço.

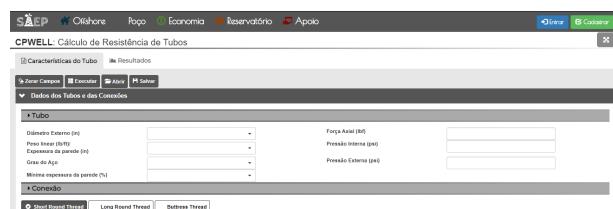


Figura 1: Interface dos dados de Tubo e Conexão da ferramenta.

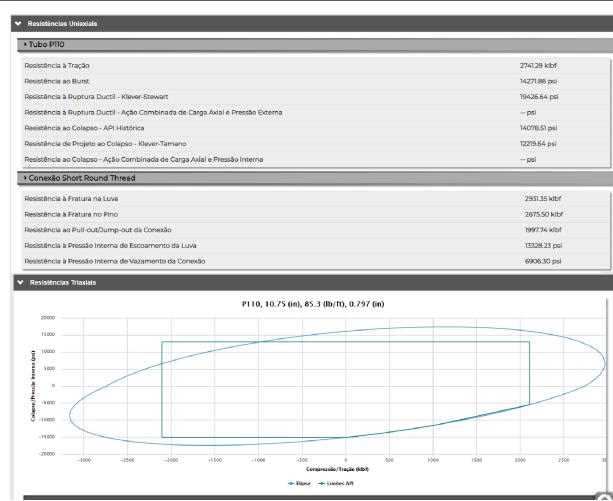


Figura 2: Resultado da aplicação.

# Efeito da correlação entre variáveis aleatórias em projetos de revestimento

**Jonathan H. C. Nunes** (jonathan.nunes@lccv.ufal.br)

Lucas P. Gouveia, Eduardo T. Lima Junior, Thiago B. Silva, João Paulo N. Araújo, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 18 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar o efeito da correlação entre variáveis aleatórias nas probabilidades de falha de tubos de revestimento em poços de petróleo. Este estudo é motivado pela discussão da API TR 5C3 (2008), que em seu anexo F, sobre o cálculo probabilístico da resistência ao colapso dos tubos de revestimento, informa que probabilidades de falha mais baixas são observadas quando as variáveis aleatórias de entrada são tratadas com uma correlação ligeiramente negativa em vez de variáveis independentes. Neste trabalho, é realizada uma avaliação ampliada para outros níveis de correlações, haja vista que alguns processos de fabricação de tubos de revestimento podem mudar ao longo do tempo, fazendo com que a correlação entre variáveis aleatórias possam apresentar padrões diferentes daquele observado na discussão da norma.

## Metodologia

Para as análises foram realizadas avaliações de falha por pressão interna (burst) e pressão externa (collapse). Dessa forma, foram implementados scripts em linguagem Python dos métodos confiabilísticos levando em conta as correlações entre as variáveis aleatórias de entrada. O método FORM (Método de confiabilidade de primeira ordem) pode perder a precisão devido à sua aproximação linear. Com isso, simulações de Monte Carlo foram executadas paralelamente para validar as avaliações do FORM. Os dados estatísticos das variáveis aleatórias foram retiradas da API TR 5C3 (2008). Por fim, foram extraídas correlações de uma amostra de tubos de um fabricante fornecedor da Petrobras para um estudo de caso

## Resultados

Comparando com as probabilidades de falhas obtidas com variáveis independentes, algumas combinações de correlações podem levar a resultados conservadores e não conservadores (ver Figura 1). No entanto, quando esses resultados são convertidos em termos de resistência dos tubos de revestimento, o efeito parece ser relativamente pequeno. Por fim, com o respaldo da simulação de Monte Carlo, que é mais precisa a medida que o número de cenários aumenta, o método FORM mostrou-se eficaz para análise de confiabilidade estrutural.

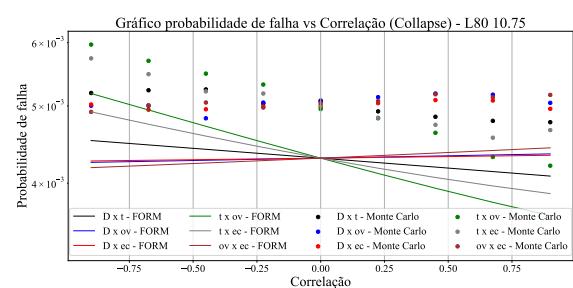


Figura 1: Probabilidade de falha x Correlação (Colapso) - L80 10.75.

# Modelo para o cálculo dos perfis de temperatura dos revestimentos e anulares de poços de petróleo

**Luiz Elias Silva Filho** (luiz.elias@lccv.ufal.br)

Lucas P. Gouveia, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira, Eduardo T. Lima Junior, João Paulo N. Araújo

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 6 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Os perfis de temperatura nos anulares e revestimentos de poços de petróleo têm grande aplicabilidade na manutenção da estrutura e são essenciais para o cálculo do aumento de pressão nos anulares (APB), problema que pode comprometer a integridade estrutural do poço. Neste sentido, este trabalho apresenta uma estratégia para cálculo dos perfis de temperatura em poços de petróleo visando monitorar o comportamento termomecânico dos seus componentes em operações de injeção e produção.

## Metodologia

A metodologia utilizada para determinação dos perfis de temperatura associados ao poço é baseada na resolução simultânea das equações que regem o problema em termos de balanço de massa, energia e momento. Para isto, o poço é discretizado no sentido longitudinal em volumes de controle com comprimento finito  $\Delta z$  (ver Figura 1) em substituição aos elementos infinitesimais  $dz$ . O problema é resolvido iterativamente para determinar o fluxo de calor no sentido radial e as tempe-

raturas em todos os componentes do poço (coluna, anulares, revestimentos e cimento).

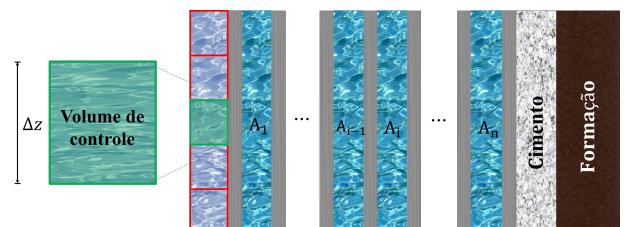


Figura 1: Volume de controle em uma seção com  $n$  anulares.

## Resultados

O código computacional desenvolvido foi exaustivamente comparado com casos encontrados na literatura e com o simulador térmico incorporado ao SCORE (Sistema de COnfiabilidade de REvestimentos). Ao todo, mais de 50 operações foram simuladas, com resultados consonantes para operações de injeção e produção. Os perfis de temperatura para um poço com 4 anulares e 5 colunas atravessando diversas camadas litológicas em uma operação de injeção é mostrado na Figura 2. O anular A, por ser radialmente mais próximo do fluxo, é o que apresenta a maior variação de temperatura devido a operação e, por isso, para fins de cálculo de APB é o mais importante. Para esse anular, o erro absoluto máximo registrado é da or-

dem de  $0.08^\circ\text{C}$  vinculado ao erro relativo de cerca de 0.2%, resultados considerados aceitáveis para a aplicação em estudo.

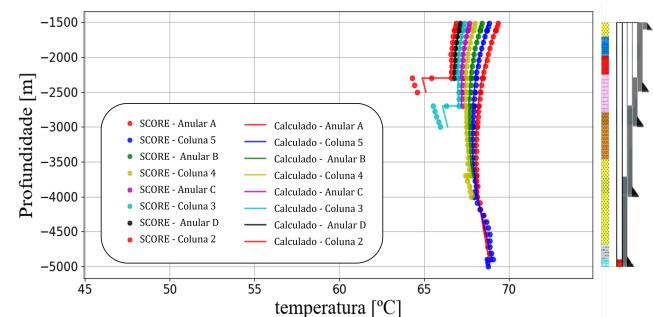


Figura 2: Perfis de temperatura para um poço.

# Contribuição ao Estudo de Interação entre Colunas de Revestimento, levando em conta o Crescimento de Pressão em Anulares Confinados (APB)

Pedro R. R. Magalhães (pedro.magalhaes@ctec.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, Thiago B. Silva

**Iniciação científica**, Engenharia de petróleo

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PIBIC/UFAL

## Introdução

O crescimento de pressão em anulares de poços de petróleo, também conhecido como APB (*Annular Pressure Buildup*), é um fenômeno que ocorre quando a rigidez dos revestimentos limita a livre expansão térmica do fluido que está aprisionado nesses espaços. A magnitude desse aumento de pressão pode ser suficientemente grande paraoccasionar severos danos estruturais, como o colapso dos revestimentos. Nesse trabalho, um modelo computacional para o cálculo do APB em múltiplos anulares é desenvolvido e aplicado a um estudo de caso. Assim, pode-se validar o modelo e avaliar como alterações na geometria poço ou no método de análise podem afetar a estimativa do acréscimo de pressão nos anulares.

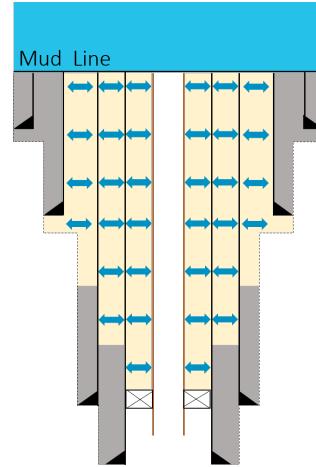


Figura 1: Fenômeno APB.

## Metodologia

O princípio para o cálculo do APB é encontrar o valor de pressão adicional que provoca uma mesma variação do volume de fluido e do volume do anular que o confina. Entretanto, essas variações são interdependentes e, de acordo com a filosofia de análise *multistring*, ainda é preciso considerar a interação entre os anulares e revestimentos do poço, o que torna o processo mais complexo. Logo, chegar a uma resposta aceitável de APB envolve a escolha de um modelo PVT (pressão-volume-temperatura) adequado, o uso das devidas condições de contorno na avaliação da flexibilidade do anular, um modelo de deslocamento dos revestimentos e um método numérico para resolução das equações.

## Resultados

Os resultados do estudo de caso utilizando o modelo implementado foram compatíveis com os apresentados na literatura e obtidos por softwares comerciais. Portanto, é possível afirmar que a implementação do modelo APB *multistring* para múltiplos anulares foi feita com sucesso. Os resultados ainda mostraram como alterações na geometria do poço, como o topo do cimento, podem ser impactantes e que o método de análise *multistring* faz uma representação mais fiel da situação real.

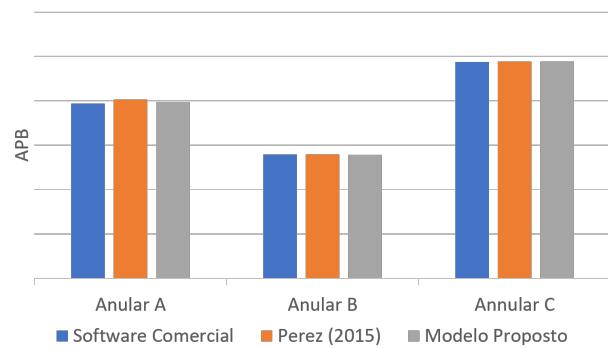


Figura 2: Resultados do estudo de caso.

# Validação e Teste de um Sistema de Detecção de Anomalias em Poços de Óleo e Gás

**Andressa C. A. Silva** (andressa.silva@ctec.ufal.br)

Lucas G. O. Lopes, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Junior,  
Lucas P. Gouveia, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PIBIC/FAPEAL

## Introdução

Monitoramento é o ato de observar o funcionamento de um sistema, ou seja, é uma maneira de prevenir possíveis falhas ou verificar a existência de sinais que apontam para um mau funcionamento. O investimento nesse tipo de ferramenta visa a verificação de dados e também contribui para a redução de custos, pois, ao observar os dados, a ferramenta de monitoramento fornecerá indicadores para auxiliar nas tomadas de decisão. Nessa linha, encontra-se em desenvolvimento uma ferramenta de monitoramento de anomalias que utiliza o ambiente de prototipagem Node-RED, que tem sua programação baseada em fluxo nodal a partir dos quais são gerados fluxos de ações. Dentro desse projeto, encontra-se o presente trabalho que visa

validar e incluir novas funcionalidades à interface já desenvolvida, a fim de facilitar a visualização de todas informações de forma dinâmica e intuitiva, maximizando a eficiência e a produtividade. (ver Figura 1).

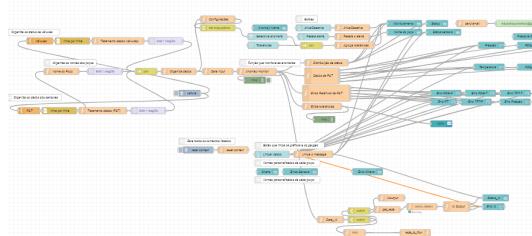


Figura 1: Fluxo de programação nodal - Node-RED.

## Metodologia

Além da revisão bibliográfica sobre a temática de monitoramento de anomalias em poços de petróleo, é necessária a familiarização com a ferramenta e interface já desenvolvidas. Nesta etapa, é observado que o Node-RED propicia uma interface de desenvolvimento para o usuário bastante intuitiva. Adicionalmente, é por meio do armazenamento via contexto, qual atua como um banco de dados interno do Node-RED, que a ferramenta monitora e gerencia os dados recebidos, afim de identificar possíveis anomalias nos poços. Após a etapa de ambientação, é preciso avaliar quais os recursos precisam ser aprimorados ou inseridos, visando o alinhamento com as melhores práticas de desenvolvimento para experiência de usuário. Para isso, o Node-RED oferece uma gama de elementos para desenvolvimento de dashboards, os quais serão implementados segundo as necessidades do sistema.

## Resultados

Este projeto prevê o desenvolvimento de uma interface amigável, objetiva e com recursos eficientes fornecidos pelo Node-RED, de modo que promova uma visualização adequada dos dados e respostas da ferramenta para proporcionar informações que auxiliem o monitoramento de anomalias em poços de petróleo. Em paralelo, busca-se a criação do ambiente de fácil integração com novas metodologias que venham a ser empregadas para o monitoramento de dados e detecção de anomalias.

# Uma ferramenta para detectar anomalias de produção utilizando aprendizagem profunda e árvore de decisão

Eduardo S. Paranhos Sobrinho (eduardo.paranhos@lccv.ufal.br)

Lucas G. O. Lopes, William Wagner M. Lira, João Paulo N. Araújo, Thiago B. Silva, Lucas P. Gouveia

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Alguns dos sensores instalados em poços se encontram em pontos estratégicos para monitorar o comportamento de um poço durante a sua vida produtiva. Com um tratamento adequado desses dados seguido da aplicação de técnicas de identificação de padrões, torna-se possível avaliar se o poço opera dentro da normalidade. Nessa linha, foi desenvolvido um sistema capaz de monitorar em tempo real o comportamento anômalo de poços de petróleo utilizando esses dados, para isso é feita uma combinação de duas metodologias: aprendizagem profunda e abordagens analíticas baseadas em regras. O sistema fornece respostas imediatas, dessa forma, é possível identificar e antecipar eventos de falha e, assim, contribuir para a segurança operacional e a redução de custos.

## Metodologia

A partir dos dados dos sensores são realizadas verificações com a associação de uma árvore de decisão analítica e uma rede de aprendizagem profunda (ver Figura 1). O sistema é capaz de aplicar essas metodologias a múltiplos poços simultaneamente (atualmente 52 poços), além disso, o mesmo está apto a mapear diversas configurações de válvulas. A abordagem analítica é constituída de regras que monitoram os dados de pressão e temperatura por meio de médias móveis e tolerâncias estabelecidas previamente. A aprendizagem profunda de máquina é feita com o uso da arquitetura de rede LSTM (Long short-term memory). A rede aprende qual o estado normal do poço a partir do que a árvore de decisão analítica classifica como normal

então, após seu treinamento, a rede passa a buscar divergências no padrão de comportamento dos dados.

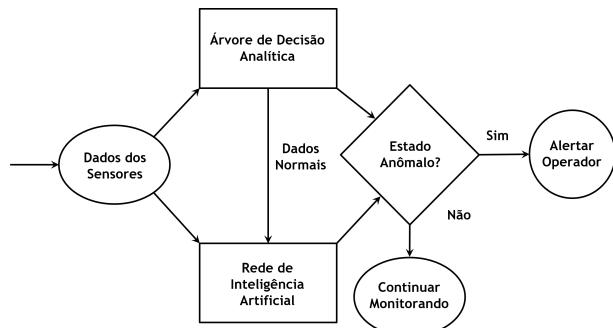


Figura 1: Metodologia combinada do sistema de detecção de anomalias.

## Resultados

Por meio do ambiente de programação em fluxo Node-RED, foi desenvolvido um dashboard para o sistema, o qual conta com gráficos e mostradores de pressão e temperatura em tempo real, os erros relativos calculados pela árvore de decisão e o gráfico da tolerância adotada pela rede neural (ver Figura 2). Com o auxílio de dados reais fornecidos pela Petrobras e disponíveis na literatura, o sistema foi validado, além disso se mostrou capaz de detectar comportamentos anômalos por meio das duas metodologias propostas.



Figura 2: Dashboard do sistema de detecção de anomalias.

# Técnicas de Aprendizado de Máquina Aplicadas à Detecção de Anomalias em Poços de Óleo e Gás em Fase de Produção

**Hugo V. F. Azevedo** (hugo.azevedo@lccv.ufal.br)

Lucas G. O. Lopes, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Eduardo T. Lima Junior, Lucas P. Gouveia, João Paulo N. Araújo, William Wagner M. Lira

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O monitoramento de sensores é uma prática comum na avaliação de valores de cargas, vibração, deformações, efeitos dinâmicos ou outros dados de interesse, a fim de detectar possíveis patologias que possam surgir nas estruturas. Com o avanço da indústria 4.0, observa-se um crescente interesse em serviços de sensoriamento, monitoramento e transformação digital que visam à redução de custos, maior segurança operacional e melhor desempenho. O uso de metodologias de aprendizagem de máquina (AM) para o processamento dos dados coletados por sensores provou ser eficiente em processos de engenharia. Nesse contexto, objetiva-se utilizar essas técnicas de AM na previsão e detec-

ção de eventos indesejados ou inesperados - anomalias - em poços de óleo e gás (Figura 1), para melhorar a segurança das operações e ajudar na tomada de decisões.

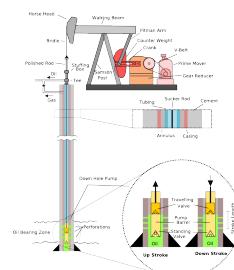


Figura 1: Esquema de Poço de Petróleo.

## Metodologia

As primeiras etapas, após a revisão bibliográfica, consistem na caracterização de dados coletados por sensores, no estudo de correlação entre as variáveis e no tratamento e normalização delas, de forma que o conjunto de dados possa ser usado para treino e teste nos modelos de AM pretendidos. Diferentes estratégias de AM, baseadas em arquiteturas distintas, são estudadas e validadas buscando, inicialmente, a identificação de um estado anômalo a partir de um histórico de dados, sem a identificação específica do estado correspondente. As implementações feitas em linguagem de programação *Python*, buscam incorporar os modelos implementados às rotinas já desenvolvidas pelo grupo de pesquisa. Como segunda etapa, os valores de dados futuros, obtidos por meio da estratégia de previsão, são utilizados para identificar diferentes anomalias apresentadas na estrutura dos poços. Similarmente às redes classificatórias que utilizam aprendizado supervisionado, busca-se um sistema capaz de identificar diferentes anomalias de forma automática.

## Resultados

Espera-se, deste projeto, obter uma ferramenta tanto capaz de alertar a ocorrência de anomalias nos dados recebidos, como apontar um possível cenário correspondente para o problema de forma automática. Adicionalmente, busca-se produzir metodologias para detecção e resposta rápidas, que serão comparadas aos modelos de redes neurais profundas atualmente utilizados pelo grupo de pesquisa, visando a incorporação ao sistema supervisório em desenvolvimento. Portanto, é possível observar a importância do projeto por sua aplicação prática e por seu potencial quando as metodologias propostas.

# Mineração de Dados de tempo real em poços de óleo e gás

João Gabriel C. S. Duarte (joao.duarte@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Junior, Lucas G. O. Lopes

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PIBIC/CNPq

## Introdução

Com o advento de sensores de temperatura, vazão e pressão instalados em poços e com um histórico mínimo de dados, foi possível mapear as incertezas relacionadas aos carregamentos em poços *offshore* em operação. Nesse sentido, a prática de dimensionamento de estruturas de poços pode ser revista, com a finalidade de melhorar as estimativas de carregamentos nele ao longo da sua vida operacional. Desta forma, no contexto de análise de integridade de barreiras de segurança em poços, mostra-se de grande importância à modelagem estatística de séries de dados adquiridos em tempo real, as quais retratam reais condições de serviço, incrementando a qualidade da avaliação de probabilidade de falha e, consequentemente, a tomada de decisão em caso da iminência ou ocorrência desta.

## Metodologia

Durante a primeira etapa da pesquisa, o primeiro contato com os dados dos sensores, os quais consistem em séries temporais, envolve o uso de ferramentas computacionais robustas, capazes de filtrar e separar as informações de interesse. Assim, inicialmente foram desenvolvidas habilidades em módulos de análise estatística da linguagem Python, em especial a biblioteca Pandas, para facilitar a integração dos desenvolvimentos deste trabalho com o projeto de pesquisa da equipe de trabalho. Nesse sentido, algoritmos de visualização de *Datasets* foram implementadas nesse estágio inicial, com a finalidade de observar os dados de temperatura, pressão e vazão obtidos dos poços. Os gráficos gerados são utilizados para a aferição inicial de possíveis anomalias durante a operação do poço.

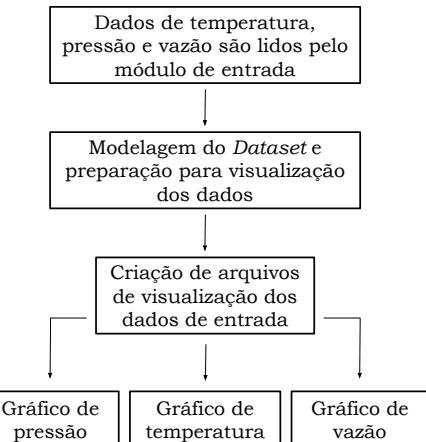


Figura 1: Fluxograma do algoritmo de modelagem e visualização dos dados de temperatura, pressão e vazão.

## Resultados

Com os arquivos de visualização gravados, é possível realizar a análise inicial e encontrar possíveis anomalias durante a operação do poço. Nesse primeiro momento, nenhuma análise mais precisa foi realizada com a finalidade de tirar conclusões para a análise estrutural do poço. Posteriormente, irá ser implementada a funcionalidade que possibilitará o mapeamento de anomalias que podem levar a situações críticas. Os carregamentos provocados por essas situações anômalas serão considerados em projetos estruturais futuros e em simulações do próprio poço.

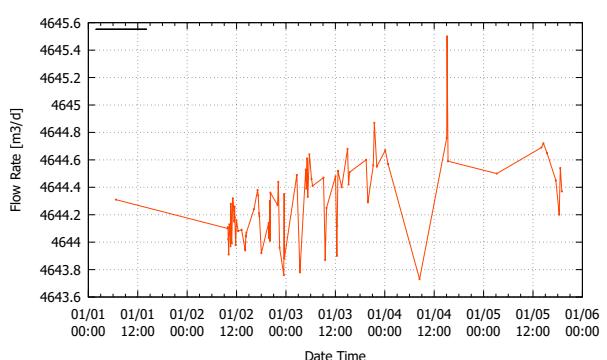


Figura 2: Visualização da vazão de um dos poços estudados.

# Estudo da correlação por regressão linear entre séries temporais para detecção de comunicação coluna-anular em poços de petróleo

**Lucas G. O. Lopes** (lucasomena@lccv.ufal.br)

Eduardo S. Paranhos Sobrinho, William Wagner M. Lira, João Paulo N. Araújo, Thiago B. Silva,  
Lucas P. Gouveia

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Um dos possíveis problemas operacionais que podem ocorrer durante a vida produtiva de um poço é a comunicação entre as pressões da coluna de produção e o espaço anular. Esse tipo de problema pode ser causado por falha nos equipamentos localizados entre essas câmaras, e sua ocorrência pode gerar passagem de fluido e afetar a segurança das operações. Por meio de sensores (TPT, PT e PDG) instalados em locais estratégicos no poço, este estudo visa determinar uma metodologia para detectar o problema de comunicação coluna-anular por meio de correlação entre as séries temporais das pressões oriundas dos sensores.

## Metodologia

A abordagem adotada para determinar a ocorrência da comunicação coluna anular é baseada na correlação por regressão linear entre as pressões registradas nos sensores TPT e PT. Para um determinado período de tempo, são calculadas as médias temporais das pressões nos referidos sensores e, em seguida, aplicada a regressão linear para determinar o coeficiente angular. Este coeficiente representa a relação entre as pressões e varia entre 0 e 1 para indicar a não ocorrência e ocorrência da comunicação respectivamente. Em termos de pressão, a comunicação é percebida quando os níveis de pressão registrada no PT e TPT passam a

andar juntos (ver Figura 1).



Figura 1: Janela de tempo que ocorreu a comunicação coluna-anular.

## Resultados

Os estudos iniciais investigam o intervalo de tempo mais adequado para calcular a média e aplicar a regressão linear, a fim de definir um período que seja representativo, mas agregar tantos ruídos por excesso de dados. A metodologia proposta tem apresentado bons resultados, pois em alguns testes com poços que apresentaram a comunicação coluna-anular, o coeficiente angular se manteve próximo de 1 (ver Figura 2). Espera-se ainda nesse estudo aplicar técnicas de aprendizagem de máquina para identificar o problema de comunicação coluna-anular e, dessa forma, obter um sistema de dupla verificação.

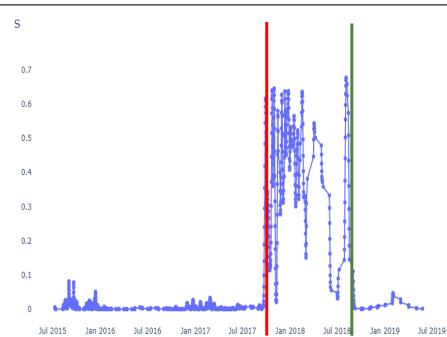


Figura 2: Identificação da comunicação coluna-anular.

# Classificação e impacto estrutural de anomalias de produção de petróleo baseado em dados históricos

Lucas G. O. Lopes (lucasomena@lccv.ufal.br)

William Wagner M. Lira, Thales M. Vieira, Thiago B. Silva, Eduardo T. Lima Junior

## Projeto de Doutorado

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: CAPES/FAPEAL

## Introdução

A monitorização estrutural, detecção e resolução de eventos inesperados são campos necessários na indústria petrolífera para melhorar a segurança e eficiência. Neste trabalho, apresentamos estudos sobre o impacto estrutural de diferentes eventos inesperados na produção: 1 - Aumento abrupto do BSW; 2 - Fechamento espúrio do DHSV; 3 - Derrame severo; 4 - Instabilidade do fluxo; 5 - Perda rápida de produtividade; 6 - Restrição rápida no PCK; 7 - Escalonamento no PCK; 8 - Hidrato na linha de produção. Dados da literatura são utilizados para identificar as oito anomalias utilizando técnicas de aprendizagem profunda, e estimar estatisticamente as alterações de pressão e temperatura de carga numa estrutura de poço de petróleo conhecida. Os factores de segurança do invólucro são avaliados utilizando a estimativa probabilística dos valores de carga. Portanto, o impacto de cada anomalia no caso estrutural é avaliado utilizando os factores de segurança calculados. Os resultados obtidos deste trabalho permitem-nos estimar rapidamente a gravidade de um acontecimento inesperado em tempo real, identificando o problema, e mostrando a possível perda de segurança, melhorando a tomada de decisões e a segurança da operação.

## Metodologia

A metodologia do trabalho pode ser dividida em três macro etapas, como ilustrado na Figura 1. É realizado um estudo sobre os dados da literatura para formulação de uma rede neural capaz de identificar diferentes anomalias. A partir da extração das distribuições das cargas críticas é estimado o impacto estrutural que cada anomalias de produção pode causar.

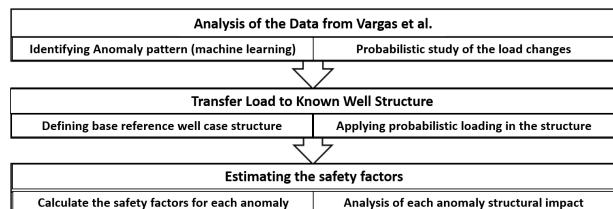


Figura 1: Metodologia combinada do sistema de detecção de anomalias.

## Resultados

os resultados apresentados para o modelo classificatório são bem promissores, conforme indicado na Figura 2. Análises do impacto estrutural por meio dos fatores de segurança mostram que as distribuições de cargas causadas pelas anomalias de produção podem trazer perda significativa da integridade estrutural. Novos estudos serão realizados para catalogação de demais anomalias e combinações de diferentes cargas.

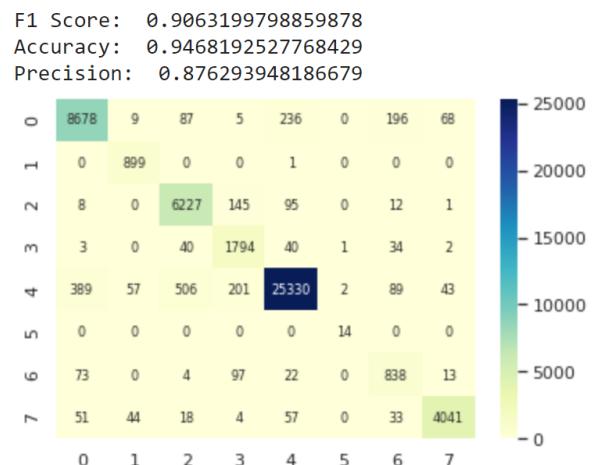


Figura 2: matriz de confusão da rede neural classificatória.

# Análise de textos de anomalias em poços de petróleo: extração e avaliação de métodos e resultados

**Lucas G. O. Lopes** (lucasomena@lccv.ufal.br)

William Wagner M. Lira, Thales M. Vieira

## Projeto de Doutorado

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: CAPES/FAPEAL

## Introdução

A extração de petróleo em águas profundas requer monitoramento constante para manter a segurança operacional. Alguns eventos indesejados podem ocorrer durante a vida útil do poço de petróleo e devem ser resolvidos com uma decisão em tempo real. Neste contexto, este trabalho se concentra na extração de dados de textos que descrevem anomalias e eventos indesejados nos poços de petróleo. Os textos são extraídos dos resumos de vários trabalhos destinados a resolver oito diferentes eventos inesperados de produção: 1 - Aumento abrupto do BSW; 2 - Fechamento espúrio do DHSV; 3 - Derrame severo; 4 - Instabilidade do fluxo; 5 - Perda rápida de produtividade; 6 - Restrição rápida no PCK; 7 - Escalonamento no PCK; 8 - Hidrato na linha de produção. Inicialmente, a metodologia proposta divide os textos abstratos em problemas destinados a resolver, o método utilizado e os resultados. Após esta divisão, o método presente em cada resumo é classificado com base na análise dos sentimentos de seus resultados. A metodologia de extração proposta nos permite classificar rapidamente a melhor tecnologia aplicada às anomalias especificadas. A estratégia também pode ser aplicada para extrair e classificar o impacto das operações reais dos boletins diários da indústria petrolífera, com a possibilidade de melhorar projetos de manutenção para resolução de problemas.

## Metodologia

A extração de informações do presente trabalho está dividido em quatro macro-passos. e estas etapas podem ser melhor discriminadas nas seguintes partes: 1) reunir um corpus de textos; 2) pré-processar os textos; 3) treinar uma abordagem para classificar os textos com base nas anomalias; 4) separar os textos nos resultados dos métodos-problema; 5) extrair o lugar e as entidades organizacionais; 6) classificar os métodos com base na análise dos sentimentos dos resultados. Um procedimento diferente fora do escopo do trabalho e focado na geração de textos é realizado para expandir o corpus e executar textos extras.

## Resultados

Este trabalho apresentou um conjunto de técnicas de classificação, testadas para identificar o assunto do texto das classes de anomalias apresentaram uma precisão de cerca de 70 %. O classificador separador de texto apresentou uma boa correspondência ao conjunto de treinamento e validação. A combinação com a análise de sentimento da rede Bert permite classificar os métodos e resultados com base na pontuação de distância da classe. A combinação dos métodos apresentados neste trabalho corresponde a uma estratégia prática para extrair, classificar e sugerir métodos para resolver a anomalia da produção de petróleo.

results	methods	problems	impact
Special surfactants disperse hydrate particles...	Historically, hydrate risk has been managed by...	This article, written by JPT Technology Editor...	0.831583
In addition to hydrates being only quasi-stab...	To a great degree, this explains why there hav...	Most of the world's resources of hydrocarbons ...	1.000000
These can be avoided by either operating outsi...	In this work, a model is introduced to predict...	The application of extended subsea networks a...	0.999986
The study of gas-hydrate samples indicates tha...	Advancements in nuclear-magnetic-resonance (NM...	It is generally accepted that the volume of n...	0.222188
...	...	...	...

Figura 1: Resultado da classificação e análise dos resultados dos textos.

# Avaliação de um elemento finito especial na análise axissimétrica de poços verticais perfurados em rochas salinas

Caroline C. Vasconcelos (caroline.cardoso@lccv.ufal.br)

William Wagner M. Lira, Catarina N. A. Fernandes

**Iniciação científica**, Engenharia de petróleo

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PIBIC/CNPq

## Introdução

O objetivo desta pesquisa é o estudo da aplicabilidade de um elemento finito desenvolvido para modelagem eficiente de problemas bidimensionais axissimétricos. Tal eficiência será avaliada por meio de simulação computacional do comportamento estrutural de rochas salinas, em poços verticais de exploração de óleo e gás. A previsão do fechamento destes é essencial para o planejamento da perfuração, nessa etapa é comum realizar várias simulações para experimentar, por exemplo, diferentes pesos de fluido. A busca por estratégias eficientes e precisas para simular o comportamento do maciço rochoso visa reduzir o custo computacional e o tempo demandado nesta etapa.

## Metodologia

O elemento finito em estudo tem nove nós e funções de forma (ou interpoladoras) selecionadas especificamente para a solução de problemas axisimétricos (ver Figura 1). Cenários distintos são estudados, considerando vários níveis de discretização e comparando os resultados com os obtidos por modelos discretizados com elementos finitos quadráticos de 8 nós tradicionalmente utilizados nestes problemas. Modelos simulados com malhas de elementos finitos bastante refinadas são utilizadas como referência para avaliação da eficiência. Gráficos e tabelas comparativas serão elaborados para facilitar a interpretação dos resultados obti-

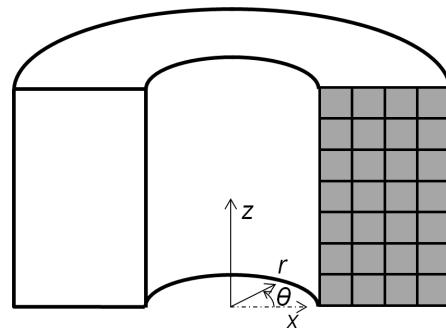


Figura 1: Discretização em elementos quadrilaterais de um domínio axissimétrico.

## Resultados

O resultado esperado na comparação dos modelos é que a técnica em estudo apresente maior eficiência quanto a obtenção do fechamento das paredes do poço durante a perfuração, ou seja, que o resultado tenha mais celeridade que o modelo atual. A pesquisa encontra-se em seu estágio inicial, de forma que foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o fechamento de poços em rochas salinas e métodos de simulação computacional como sistemas discretos e o método dos elementos finitos. Os próximos passos envolvem o uso da ferramenta computacional SESTSAL desenvolvida no LCCV para experimentação do elemento finito em estudo com diferentes níveis de refinamento e para diferentes cenários.

# Incorporação de um Modelo de Dano à Modelagem Viscoelástica de Rochas Salinas

**Otávio Bruno A. Rodrigues** (otavio.rodrigues@lccv.ufal.br)  
 Catarina N. A. Fernandes, Eduardo T. Lima Junior, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PIBIC/CNPq

## Introdução

As rochas salinas são praticamente impermeáveis, de modo que é comum a presença de reservatórios de hidrocarbonetos abaixo dessas formações (Figura 1). Para alcançar esses reservatórios, é necessário atravessar espessas camadas dessas rochas, que desenvolvem altas taxas de deformação na direção do fechamento do poço. Em algumas situações, esse fechamento pode causar o aprisionamento de equipamentos e até mesmo o arrombamento do poço. Assim, para evitar tais problemas, é importante prever de maneira realista os deslocamentos dessas rochas, considerando, por exemplo, o dano, que ainda pode descrever a fase terciária de fluência, na qual ocorre a ruptura. Nesse con-

texto, o objetivo deste trabalho é a realização de um estudo numérico sobre poços verticais em rochas salinas, usando o Método dos Elementos Finitos e um modelo viscoelástico com dano acoplado.

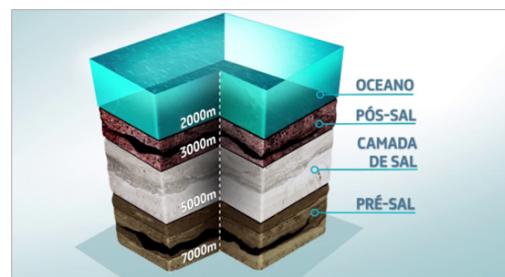


Figura 1: Representação do Pré-sal. Fonte: Petrobras.

## Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia adotada é baseada em quatro macroetapas: i) definição de um modelo constitutivo com dano para rochas salinas; ii) verificação da modelagem numérica de poços verticais em rochas salinas; iii) implementação computacional do modelo constitutivo; iv) modelagem numérica de poço, considerando o modelo constitutivo implementado.

## Resultados

A partir dos resultados da modelagem numérica de poço, considerando o modelo constitutivo implementado, é apresentado o diâmetro de um poço modelado com e sem o dano (Figura 2). É observado que, na modelagem com dano incorporado, as camadas de halita atingem a fase de fluência terciária. Na profundidade de -4400 m, a diferença no diâmetro do poço, nas modelagens com e sem o dano, é de 0.1 pol. Tal diferença é acentuada e mostra a influência do dano no fechamento do poço. É importante destacar que são consideradas propriedades constitutivas de uma rocha chinesa em um poço brasileiro. Assim, para uma melhor previsão do dano e do arrombamento em poços brasileiros seriam necessários ensaios laboratoriais para calibração dos parâmetros constitutivos.

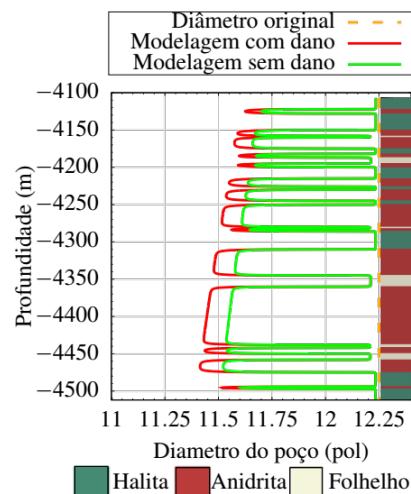


Figura 2: Diâmetro do poço após 30 dias.

# Análise de confiabilidade estrutural em poços de petróleo perfurados em formações salinas

**Luiz Elias Silva Filho** (luiz.filho@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Eduardo T. Lima Junior, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PIBIC/UFAL

## Introdução

Nas bacias offshore do Brasil, principalmente no contexto do Pré-sal, reservatórios de hidrocarbonetos situados sob espessas formações salinas (Figura 1) geram desafios na perfuração e manutenção de poços. Esses desafios demandam estudos associados aos projetos em litologias salinas, cenário no qual se situa este trabalho. A principal contribuição deste estudo é incorporar as incertezas ligadas às variáveis no projeto de poços por meio de uma análise de confiabilidade estrutural, visando uma avaliação mais robusta do comportamento mecânico dessas estruturas.

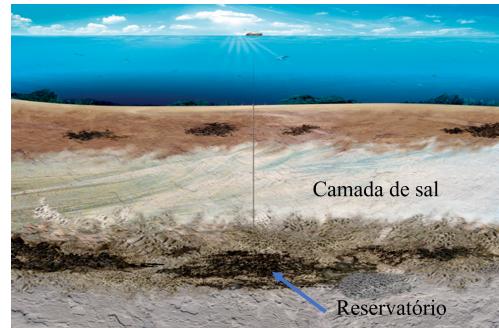


Figura 1: Camada salina e reservatório. Fonte: Mohriak et al., 2009.

## Metodologia

A metodologia de desenvolvimento do trabalho é dividida em 5 etapas principais: a) Modelagem determinística de poços pelo Método dos Elementos Finitos; b) Definição e caracterização das variáveis randômicas consideradas no problema; c) Construção de uma superfície de resposta capaz de estimar o comportamento mecânico do poço em função das variáveis aleatórias adotadas; d) Implementação dos métodos de confiabilidade FORM (*First Order Reliability Method*) e simulação de Monte Carlo; e) Obtenção da probabilidade de falha da estrutura pelos dois métodos, considerando que o poço viola um estado limite quando o deslocamento radial previsto ultrapassa um deslocamento máximo permitido. Destaca-se que a metodologia adotada neste trabalho para estudar o comportamento de poços também pode ser aplicada à modelagem computacional de cavernas salinas usadas na estocagem de hidrocarbonetos.

## Resultados

O principal resultado obtido é a probabilidade de falha da estrutura ( $P_f$ ), apresentada na Figura 2. É possível seu valor elevado, na ordem de 16%, deixando ainda mais evidente a necessidade de estudos confiabilísticos nessas situações. Destaca-se, ainda, a consonância das probabilidades de falha obtidas pelos dois métodos utilizados neste trabalho, mostrando o FORM como uma metodologia eficiente por ter um custo computacional bem menor. O FORM também fornece os fatores de influência de cada parâmetro na obtenção da  $P_f$ , sendo possível observar que as variáveis dominantes são a tensão e a temperatura no topo, que res-

pondem por mais de 99% da importância.

Probabilidade de falha ( $P_f$ ) [%]	Tempo de execução [s]
FORM	MCS
16.469	16.465

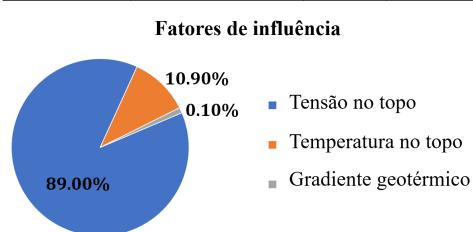


Figura 2: Resultados da aplicação. Fonte: Autor.

# SESTSAL - Um Sistema Computacional para Projetar a Perfuração de Poços em Fases de Sal

Marcio Augusto S. Guimarães (marcio.guimaraes@edge.ufal.br)

Daniel H. C. Vassalo, Felipe B. Pontes, Jackson B. Silva, Lucas B. V. Amorim, Marcos P. Silva, Rodrigo B. Paes, Romero B. S. Malaquias, Willy C. Tiengo

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Suspenso)

Parceiros: EDGE/UFAL e CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

As fases de rochas salinas exigem atenção especial durante o projeto de perfuração de poços. Essas rochas se deformam na direção do fechamento do poço, podendo causar vários problemas durante as etapas de perfuração e revestimento. Sendo necessário recorrer a ferramentas numéricas para prever esse comportamento e elaborar o projeto de perfuração. Este trabalho propõe o SETSAL, uma ferramenta para gerenciar simulações e a visualização do comportamento das camadas de sal durante as etapas de perfuração e revestimento do poço. Esta ferramenta permite a criação e edição dos dados do projeto de perfuração do poço por meio de uma interface Web (Figura 1). O SETSAL é integrado à plataforma PoçoWEB, permitindo a autenticação única (*Single Sign-On*), a exportação

e importação dos dados do projeto de outras ferramentas que compõem o PoçoWeb. O SESTSAL utiliza uma arquitetura de filas para gerenciar as simulações. Esta arquitetura além reduzir o acomplamento na integração com o simulador, permite a execução simultânea das simulações.

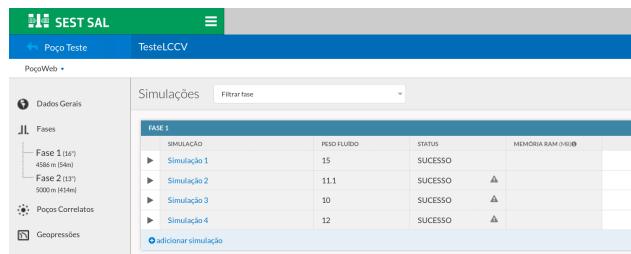


Figura 1: Interface para gerenciamento das simulações.

## Metodologia

A metodologia deste trabalho segue cinco etapas: i) definição das propriedades do poço a ser projetado; ii) configuração dos parâmetros de simulação; iii) criação e gerenciamento das simulações; iv) coleta dos resultados da simulação; v) visualização dos resultados da simulação.

## Resultados

As propriedades do projeto do poço são definidas e editadas por meio de interfaces. O SESTSAL também permite analisar vários cenários de simulação com características específicas da fase da rocha de sal, como temperatura, pressão e peso da lama. Os principais resultados da simulação são dois gráficos comparando o comportamento do diâmetro do poço para diferentes simulações (Figura 2). O SESTSAL está em funcionamento e pode ser acessado na plataforma PoçoWeb que agrupa ferramentas para projeto de poços da PETROBRAS. Informações de repasse estão sendo exibidas nos resultados da simulação. Além disso, a trajetória do poço está sendo considerada nos cálculos.

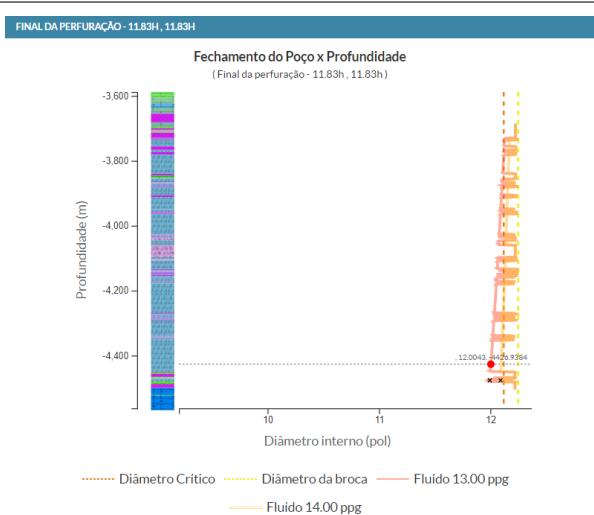


Figura 2: Perfil do poço para diferentes pesos de fluido.

# Influência de estratégias numéricas de perfuração na simulação do fechamento de poços verticais no pré-sal

Gilberto Lucas L. Santos (gilberto.santos@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Ricardo A. Fernandes, William Wagner M. Lira

**Monografia de graduação**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Rochas salinas têm propriedades que favorecem o aprisionamento de hidrocarbonetos em camadas subjacentes, porém estão sujeitas ao fenômeno de fluência. Neste cenário, durante a perfuração, as paredes do poço se deslocam no sentido de seu fechamento após a passagem da broca, podendo causar problemas operacionais como o aprisionamento da coluna de perfuração, desmoronamento do maciço e colapso do revestimento. Nesse contexto, este trabalho propõe comparar duas estratégias de simulação computacional da perfuração de poços verticais em rochas salinas, considerando: i) a perfuração de uma fase sendo realizada de forma instantânea (essa estratégia é mais comumente encontrada na literatura); e ii) a perfuração de acordo com a taxa de penetração (ROP), o que implica na modelagem da perfuração por etapas.

## Metodologia

A metodologia adotada para alcançar o objetivo proposto é dividida em cinco macro etapas: i) reprodução de um cenário de referência utilizando a estratégia da perfuração instantânea, usando os simuladores ABAQUS e SESTSAL; ii) verificação dos resultados com os disponíveis na literatura; iii) incorporação da perfuração em etapas na modelagem nos dois simuladores; iv) reprodução do cenário de referência utilizando a estratégia da perfuração em etapas; v) coleta e organização dos resultados de interesse para realização das análises, comparações e verificações dos resultados fornecidos pelas duas estratégias e ferramentas utilizadas.

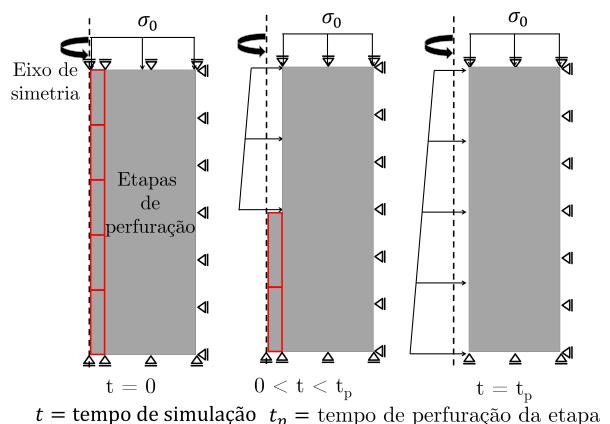


Figura 1: Estratégia de perfuração em etapas.

## Resultados

A perfuração de forma instantânea expõe todas as camadas de rocha desde o tempo zero. Desse modo, o fechamento das camadas mais profundas é sobre-estimado, já que essas camadas só seriam expostas várias horas após o início da perfuração, sendo o tempo uma variável de grande importância para o problema. Neste contexto, a perfuração em etapas tende a gerar resultados mais realistas, fornecendo deslocamentos menores, podendo reduzir custos na elaboração de projetos de perfuração de poços como por exemplo, a quantidade de repasses ou definição do peso do fluido de perfuração.

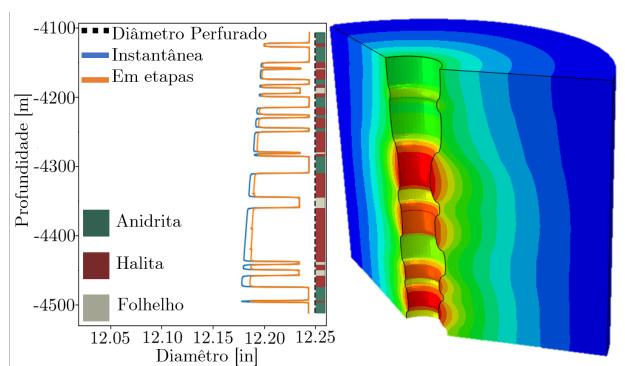


Figura 2: Perfil de um poço.

# Desenvolvimento de rotinas para automatização de modelagens e verificações do simulador SESTSAL

Gleide Karolayne M. Lins (gleidekarolayne@lccv.ufal.br)

Gilberto Lucas L. Santos, Ricardo A. Fernandes, Catarina N. A. Fernandes, William Wagner M. Lira,  
Eduardo N. Lages

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 6 meses (Finalizado)

Financiamento: CENPES/PETROBRAS

## Introdução

As regiões do pré-sal brasileiro possuem um alto potencial exploratório de petróleo. Essas localidades são constituídas por extensas camadas de rochas salinas, as quais apresentam o comportamento de fluência (deformação lenta quando submetidas a uma condição de tensão constante). Assim, ao serem perfuradas, deslocam-se na direção de fechamento do poço, podendo ocasionar inúmeros problemas de perfuração. O simulador SESTSAL, desenvolvido no LCCV, é utilizado para prever o fechamento da parede do poço durante sua perfuração e revestimento. Logo, é possível identificar as profundidades com maiores deslocamentos, bem como estudar a influência da variação do peso do fluido de perfuração ou de parâmetros associados à discretização da malha de elementos finitos, por exemplo. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é automatizar as etapas de geração do modelo, análise numérica e comparação dos resultados, a fim de auxiliar nas verificações realizadas com o simulador SESTSAL.

## Metodologia

A automatização é realizada mediante o desenvolvimento de rotinas computacionais em linguagem Python, baseando-se em quatro macroetapas: i) criação de um ambiente integrador, em que é definido o modelo computacional e são chamados métodos para execução da análise numérica e pós-processamento; ii) geração de arquivos de entrada para análise nos simuladores ABAQUS e SESTSAL; iii) compatibilização dos arquivos de saída gerados; iv) pós-processamento dos resultados, exibindo informações acerca do custo compu-

tacional e gráficos comparativos do perfil de fechamento dos modelos. A Figura 1 apresenta um resumo do fluxo de simulação de um cenário.

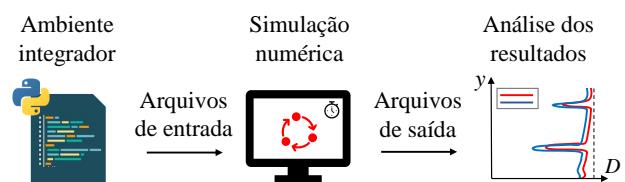


Figura 1: Automatização da simulação computacional.

## Resultados

Devido às características de automatização do ambiente integrador desenvolvido, é possível definir diferentes modelos para o mesmo cenário de estudo e analisá-los nos simuladores ABAQUS e SESTSAL. Assim, a partir da escolha de um modelo de referência, é possível compará-lo com os demais em termos de eficiência computacional e precisão nos resultados. A Figura 2 ilustra uma das aplicações, na qual o resultado de fechamento da parede do poço obtido no SESTSAL é comparado com o de referência obtido por meio do ABAQUS.

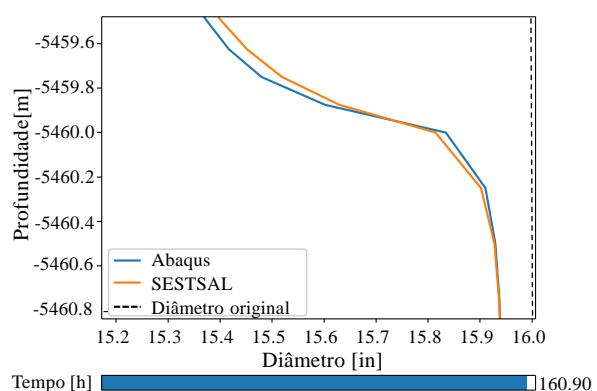


Figura 2: Comparação entre os resultados de fechamento.

# Uma abordagem alternativa para rápidas simulações de perfuração de poços de petróleo no pré-sal

Gleide Karolayne M. Lins (gleidekarolayne@lccv.ufal.br)

Ricardo A. Fernandes, Catarina N. A. Fernandes, William Wagner M. Lira, Eduardo N. Lages

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 6 meses (Finalizado)

Financiamento: CENPES/PETROBRAS

## Introdução

Sob elevadas condições de temperatura e tensão, as rochas salinas desenvolvem uma deformação progressiva e dependente do tempo (fluência). Esse comportamento promove o fechamento contínuo do poço, podendo ocasionar problemas operacionais. Para prever o comportamento mecânico dessas rochas durante a perfuração, são realizadas simulações numéricas baseadas no Método dos Elementos Finitos, nos quais poços verticais são modelados por meio de análises axissimétricas planas. Contudo, em alguns casos, essa abordagem clássica demanda um elevado custo computacional. Estudos observaram que regiões com espessas camadas de mesma litologia podem ser modeladas por uma formulação axissimétrica unidimensional mais eficiente e sem perda de qualidade nos resultados. Neste contexto, o presente trabalho avalia diferentes estratégias para a modelagem numérica de poços verticais em formações salinas, a fim de reduzir o custo computacional sem prejudicar a qualidade dos resultados.

## Metodologia

A fim de alcançar o objetivo proposto, são seguidas quatro macroetapas: a) escolha de um cenário para estudo de caso; b) definição de estratégias para subdivisão espacial do domínio; c) análise numérica de cada sub-região isoladamente; d) avaliação dos resultados obtidos. Três estratégias são adotadas para particionamento. Na manual (Figura 1 (a)), o domínio é dividido manualmente em 6 sub-regiões, que são analisadas exclusivamente pela análise axissimétrica plana. Nas demais, é considerado que cada camada de sal móvel (taquidrita, carnalita) possui uma região de influência acima e abaixo de espessura  $d$ , que pode ser constante (Figura 1 (b)) ou escalada (Figura 1 (c)). Nesses trechos, a modelagem é realizada mediante

a análise axissimétrica plana e, no restante do domínio, mediante análise unidimensional.

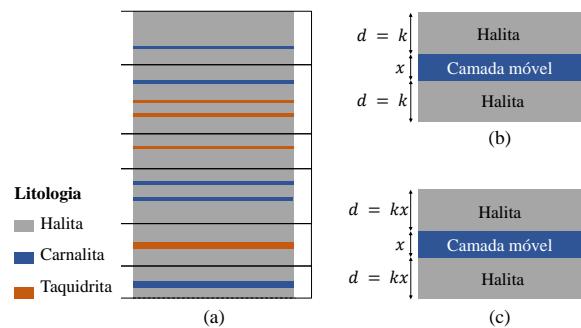


Figura 1: Subdivisão do domínio: (a) manual; (b) regiões de influência constantes; (c) regiões de influência escaladas.

## Resultados

Os resultados obtidos mostram que o particionamento do domínio original em subintervalos de análise, aliado à simulação independente e simultânea, resulta em um ganho significativo no custo computacional envolvido (Figura 2). Os modelos apresentam redução no custo computacional de 60 a 92%, erros relativos entre 0,06 e 2,24% e erros absolutos inferiores a 0,02 mm no deslocamento final da parede do poço.

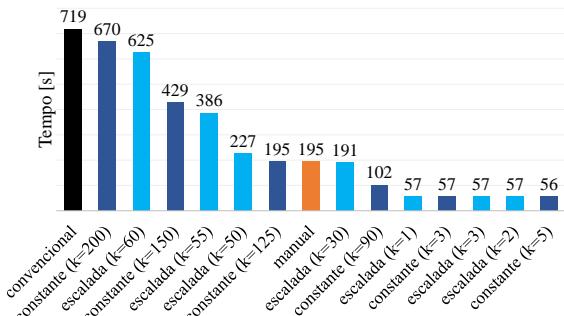


Figura 2: Tempo total de simulação.

# Estudo do Refinamento de Malha na Modelagem Computacional de Poços Verticais em Rochas Salinas

Catarina N. A. Fernandes (catarina@lccv.ufal.br)

Ricardo A. Fernandes

## Atividade de P&D

Duração: 4 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Este trabalho estuda parâmetros de discretização para modelagem computacional do fechamento de poços verticais em rochas salinas. A simulação do comportamento de maciços salinos durante a perfuração de poços verticais é uma etapa importante para a elaboração do projeto de perfuração em regiões salinas. A depender das taxas de fechamento observadas e do tempo de exposição das rochas em cada fase, pode ser identificada a necessidade de realizar intervenções como repasse da broca para garantir a passagem dos equipamentos e uma boa cimentação do revestimento. É bastante difundido o uso do Método dos Elementos Finitos na modelagem deste problema, e sabe-se que a qualidade dos resultados fornecidos por este método está fortemente relacionada à qualidade da malha adotada. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo buscar uma combinação de parâmetros de discretização com baixo consumo de memória e de tempo computacional sem prejudicar a precisão dos resultados obtidos.

## Metodologia

Os parâmetros de discretização espacial a serem adotados (Figura 1) são: o raio externo ( $re$ ), o número de elementos na direção radial ( $ne$ ) e a altura dos elementos ( $h$ ). Os comprimentos dos elementos crescem ao longo da direção radial segundo uma progressão geométrica. O comprimento do primeiro elemento ( $a$ ) é fixado em 0,00625 pol e o raio do poço ( $rp$ ) é metade do diâmetro perfurado. O elemento finito adotado é quadrático com 8 nós, e são consideradas as integrações completa e reduzida na direção radial. O modelo de referência é obtido considerando uma malha bastante refinada. Seus resultados são tomados como re-

ferência e então é experimentado utilizar malhas menos refinadas.

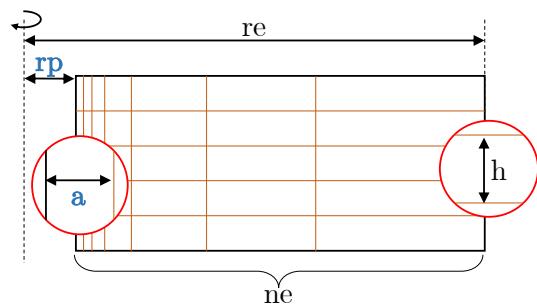


Figura 1: Parâmetros de discretização espacial.

## Resultados

É adotado um erro máximo admissível de 0,5%, e é observado que, para o elemento finito adotado, a integração reduzida é mais eficiente. Após algumas experimentações em diferentes cenários, o conjunto de parâmetros obtido levou a um modelo que consumiu em torno de 20 vezes menos tempo computacional quando comparado ao modelo de referência. A Figura 2 apresenta uma tabela com os valores dos parâmetros e os tempos computacionais.

Parâmetros	Mod. Referência	Mod. Adotado
$h$ [m]	0,25	0,5
$ne$	120	20
$re$ [m]	50	12,36
Integração	Completa	Reduzida
Tempo Comp.	72,4 min	3,5 min
Erro máximo	-	0,011 %

Figura 2: Valores de referência e valores adotados.

# Contribuição à modelagem do repasse em poços verticais em rochas salinas

Jonathan F. Francisco (jonhff@gmail.com)

Ricardo A. Fernandes, Eduardo N. Lages

Monografia de graduação, Engenharia de petróleo

Duração: 6 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A presença de rochas evaporíticas eleva a complexidade das operações de perfuração, uma vez que, ao atravessá-las, o seu mecanismo de fluência leva a deformações na direção do fechamento do poço. A depender da intensidade da deformação, é possível que haja aprisionamento da coluna de perfuração e problemas na descida do revestimento. Portanto, operações de repasse da broca podem ser necessárias para recondicionar o diâmetro do poço ao seu estado original. Assim, torna-se importante a simulação computacional do problema, de forma a auxiliar na tomada de decisão durante a perfuração e na avaliação técnica e econômica de projetos de poços. Este trabalho aborda a simulação computacional do repasse da broca buscando contribuir para uma modelagem efetiva e simplificada do problema ao considerar uma metodologia de remoção de elementos e remalhamento localizado devido à operação de repasse.

## Metodologia

A estratégia de repasse proposta limita-se a análises axissimétricas unidimensionais e consiste na readequação do tamanho do primeiro elemento ativo após a desativação daqueles que se encontram entre o raio inicial e o raio limite. Dessa forma, a malha é redefinida para que o nó mais próximo do centro do poço (primeiro nó ativo) esteja no raio inicial de projeto, eliminando o espaçamento anteriormente existente (ver Figura 1). Uma estratégia de mapeamento dos campos de tensão e deformação nos pontos de Gauss do elemento também é es-

tabelecida de maneira semelhante ao mapeamento das grandezas nodais.

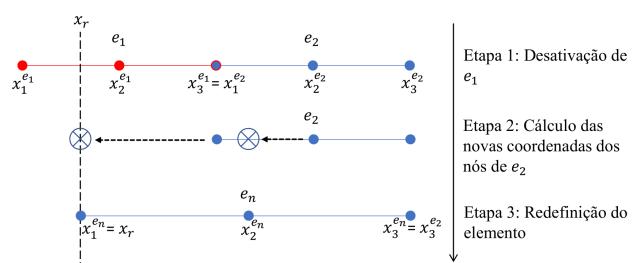


Figura 1: Estratégia proposta para simulação do repasse.

## Resultados

Com a metodologia proposta tornou possível eliminar o erro anteriormente causado pela desativação de elementos para representar o repasse, melhorando a precisão e o realismo das simulações (ver Figura 2). Compararam-se os resultados utilizando ambas as metodologias e observou-se que o erro associado aos gaps na estratégia original ocasionava resultados subestimados de fechamento radial com o tempo, o que causava um atraso em sua detecção. Tal fato confirma a importância da modificação proposta, tendo em vista se evitar problemas de segurança e dificuldades na descida do revestimento.

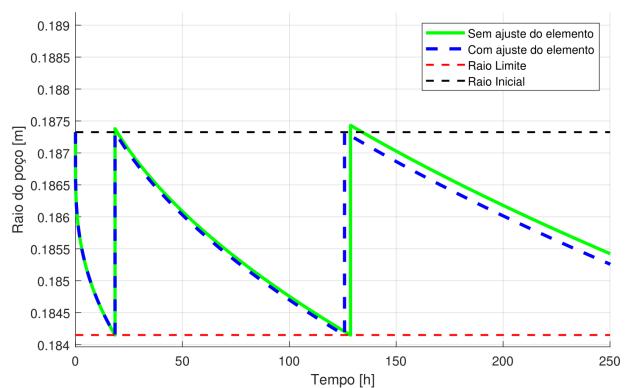


Figura 2: Comparaçao da metodologia proposta com a estratégia original (Paranhos Sobrinho, 2018).

# Análise de sensibilidade de parâmetros constitutivos de rochas salinas na avaliação do comportamento de anulares de poços verticais

**Luiz Elias Silva Filho** (luiz.filho@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Eduardo T. Lima Junior, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS e PIBIC/UFAL

## Introdução

Na perfuração de poços de petróleo situados nos campos do Pré-sal são atravessadas espessas camadas de rochas salinas. Nessas perfurações, o principal problema associado a presença da litologia salina está relacionado ao comportamento viscoelástico dessas rochas, o qual pode provocar o deslocamento das paredes do poço no sentido do seu fechamento (Figura 1), podendo causar o apriamento da broca durante a perfuração ou comprometer a integridade estrutural do poço. Além disso, as propriedades viscosas utilizadas na previsão do fechamento do poço têm um complexo processo de obtenção, justificando estudos sobre a sensibilidade dessas variáveis, que pode auxiliar na compreensão dos erros cometidos ao prever o com-

portamento mecânico de poços utilizando propriedades aproximadas. Nesse contexto, este trabalho propõe uma análise de sensibilidade das propriedades viscosas de rochas salinas na avaliação do comportamento mecânico de poços verticais.

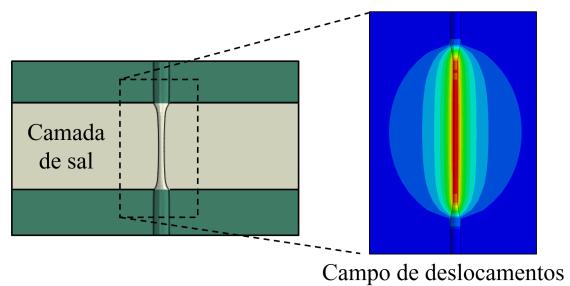


Figura 1: Fechamento do poço. Fonte: Autor.

## Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em três macroetapas: 1) A caracterização estatística dos parâmetros viscosos de diferentes tipos de rochas salinas das formações brasileiras, baseado em dados de ensaios triaxiais encontrados na literatura; 2) Definição do método de análise de sensibilidade a ser adotado, devendo incorporar a influência mecânica da variável no deslocamento do maciço e a incerteza estatística intrínseca a tal variável; 3) Aplicação da metodologia desenvolvida às rochas salinas, indicando padrões e peculiaridades de cada litologia.

## Resultados

O trabalho está em fase inicial, sendo que três rochas salinas foram escolhidas e tiveram seus parâmetros viscosos caracterizados estatisticamente (Figura 2). A fase atual de desenvolvimento deste trabalho corresponde a definição e validação do método de análise de sensibilidade a ser adotado no estudo. Ao final deste trabalho espera-se contribuir para maior compreensão do comportamento mecânico de poços que atravessam formações salinas durante a perfuração. Além disso, espera-se que esse estudo possa ser utilizado como estimativa inicial para uma retroanálise visando a calibração

dos parâmetros constitutivos das rochas a partir de comportamentos anômalos em poços correlatos.

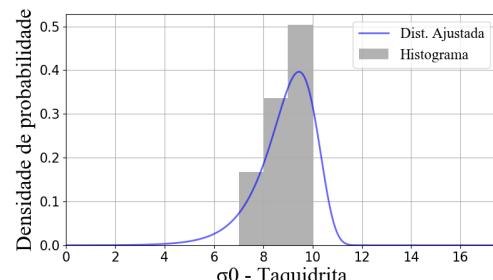


Figura 2: Caracterização estatística. Fonte: Autor.

# Estudo Numérico de Ensaios Triaxiais Aplicado à Perfuração de Poços em Rochas Salinas

Otávio Bruno A. Rodrigues (otavio.rodrigues@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, William Wagner M. Lira

**Monografia de graduação**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: CENPES/PETROBRAS

## Introdução

A descoberta do Pré-sal trouxe inúmeros desafios para a indústria do petróleo no Brasil, incluindo a necessidade da perfuração de poços através de espessas camadas de rochas salinas. Essas rochas apresentam o fenômeno da fluência que pode causar o fechamento e até o arrombamento do poço. Assim, é importante prever seu comportamento mecânico, por meio de simulações computacionais. Na modelagem de rochas brasileiras, encontram-se na literatura modelos constitutivos que representam bem os regimes de fluência primário e secundário, desconsiderando a fase terciária, onde ocorre a ruptura da rocha. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é a incorporação de um modelo de fluência terciária aos modelos constitutivos aplicados

a sais brasileiros, a partir da modelagem numérica de ensaios triaxiais, via Método dos Elementos Finitos. (Figura 1).

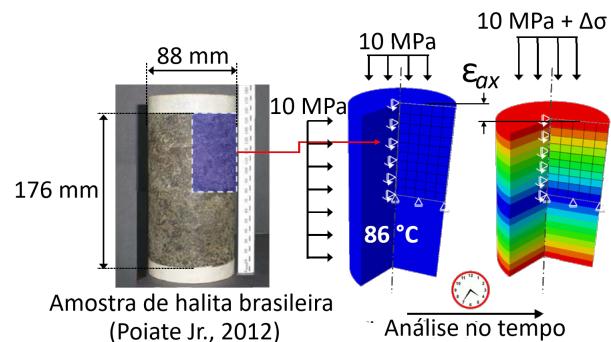


Figura 1: Modelagem numérica de ensaios triaxiais. Fonte: adaptado de Firme et al. (2016).

## Metodologia

Para atingir o objetivo proposto, a metodologia adotada é baseada em quatro macroetapas: i) estudos sobre modelos constitutivos de fluência para rochas salinas; ii) modelagem numérica de ensaios triaxiais; iii) implementação e verificação de modelos constitutivos de fluência primária e secundária para rochas salinas; iv) incorporação da fluência terciária aos modelos constitutivos implementados.

## Resultados

São implementados e verificados dois modelos constitutivos encontrados na literatura que descrevem a fluência primária e secundária em rochas salinas brasileiras (EDMP e EDMT). São reproduzidas simulações de ensaios triaxiais em diferentes situações encontrados na literatura (Figura 2). Desta forma, há uma boa concordância entre os resultados obtidos e os fornecidos pela literatura, validando a implementação realizada. Quanto à incorporação da fluência terciária a ser realizada nos modelos constitutivos estudados, considera-se uma parcela de fluência induzida pelo dano que contribui para a taxa de deformação inelástica macroscópica, assim como no modelo MDCF.

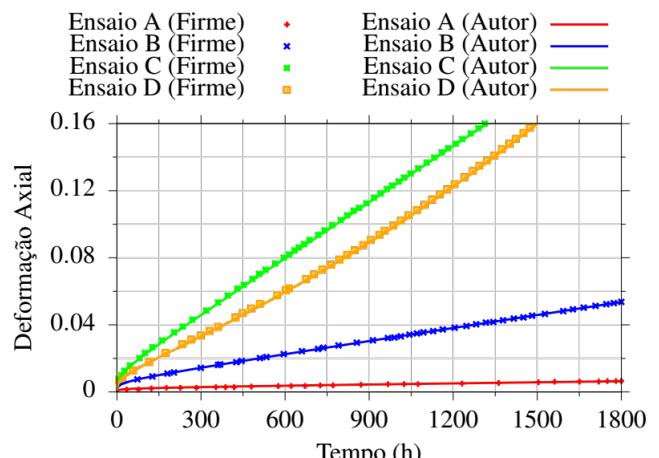


Figura 2: Verificação da implementação do modelo EDMT.

# Modelagem Termomecânica do Crescimento de Pressão em Anulares Confinados em Poços de Petróleo na Presença de Evaporitos

Themisson S. Vasconcelos ([themisson@gmail.com](mailto:themisson@gmail.com))

Eduardo N. Lages, Romildo S. Escarpini Filho

## Projeto de P&D

Duração: 38 meses (Finalizado)

Financiamento: Não definido

## Introdução

Eventos decorrentes do aumento da temperatura associados ou não à fluência em rochas salinas podem gerar um aumento significativo de pressão nos espaços anulares de poços de petróleo. O fenômeno conhecido na indústria do petróleo como acumulação de pressão anular (APB) tornou-se bastante relevante atualmente, dada a vulnerabilidade de ocorrência em campos de petróleo localizados em áreas profundas e ultraprofundas do Pré-sal, cujo interesse exploratório tem aumentado significativamente, dado o seu potencial produtivo (ver Figura 1).



Figura 1: Ilustração de um poço do Pré-sal na presença da rocha salina.

## Metodologia

Desenvolveu-se um modelo termomecânico axissimétrico multicamadas unidimensional, com a finalidade analisar numericamente o fenômeno APB ao considerar o incremento térmico prescrito e/ou a associação ao mecanismo de fluência apresentado pelos evaporitos. Neste sentido, foram utilizados dois modelos constitutivos para representar as rochas, o modelo elástico linear e o mecanismo de dupla deformação. Para a análise do deslocamento do evaporito foi empregado um modelo em elementos finitos que associa a transferência de calor, por meio do acoplamento termomecânico fraco, ao mecanismo de dupla deformação para retratar o efeito térmico sobre os evaporitos. A modelagem empregada também permitiu o cálculo de propriedades relacionadas ao fluido, de acordo com as condições de temperatura e pressão, interativamente dependentes em todo o processo numérico. Nesta conjectura, os cálculos envolvidos lidaram com não linearidades de modelos constitutivos e interações fluido-estrutura.

## Resultados

Os casos simulados foram verificados com base em softwares específicos e bibliografias relacionadas ao tema (ver Figura 2). Este projeto contribui para a investigação do APB causado pela influência da rocha salina e/ou pela prescrição do aumento térmico em arranjo com os modelos constitutivos adotados, tendo potencial uso para a previsão de esforços relacionados ao dimensionamento de poços de petróleo, fato que pode favorecer a redução dos riscos associados aos efeitos térmicos em ambientes de alta pressão e temperatura.

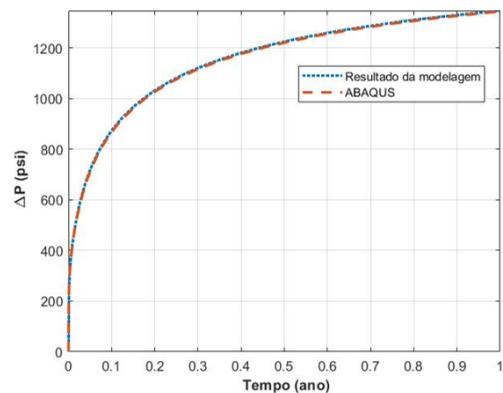


Figura 2: Comparaçao entre os resultados.

# Análise Estatística de Dados de Perfilagem Ultrassônica em Revestimento de Poços

**Antonio Paulo A. Ferro** (antonio.ferro@lccv.ufal.br)

Lucas P. Gouveia, Diego V. G. Ferreira, Felipe P. Lima, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A técnica de perfilagem ultrassônica possibilita a obtenção de dados da geometria do tubular in situ, sendo aplicada na inspeção da integridade dos revestimentos de poços. Esses dados têm aplicação direta na quantificação de desgaste no poço executado. O fenômeno do desgaste no revestimento é causado pelo contato da coluna de perfuração com a parede interna do tubo e pode resultar em diminuição significativa na resistência mecânica dos tubulares. Técnicas de ajuste numérico são aplicadas ao conjunto de pontos obtidos em cada seção investigada no revestimento perfilado, e dessa forma, é possível determinar a taxa de remoção de material com maior precisão. Aliado ao ajuste numérico, a aplicação de uma análise estatística possibilita melhor distinção entre dados correspondentes a seções desgastadas e dados com variação causada por ruído da aquisição de dados pelo instrumento ultrassônico.

## Metodologia

A estratégia consiste em analisar os dados de perfilagem de poços e identificar as regiões íntegras em cada uma das milhares de seções da coluna de revestimento assentada. Primeiramente, procura-se ajustar uma geometria elíptica distorcida, transladada e rotacionada, com 7 parâmetros, à nuvem de pontos da perfilagem. O estudo prossegue na análise estatística dos resíduos calculados, em que se divide a seção por quadrante da elipse ajustada. Os dados de cada um dos quadrantes é analisado para identificação de amostras mais comportadas, e portanto, sem influência da variação do desgaste. Os parâmetros estatísticos do ruído presente na aquisição de dados são estimados com os parâmetros de cada quadrante comportado. Por sua vez,

utiliza-se o teste de kolmogorov-Smirnov em conjunto com os parâmetros do ruído para avaliar a similaridade estatística dos dados de resíduos.

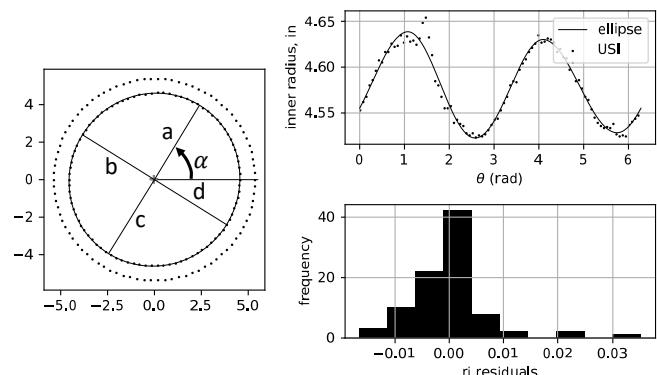


Figura 1: Geometria elíptica ajusta a dados reais.

## Resultados

Testes realizados com dados simulados e com ruído conhecido, mostram que a metodologia permite estimar os parâmetros estatísticos do ruído presente nesses dados. O teste de kolmogorov-Smirnov, permite avaliar as amostras de resíduos do ajuste que podem ser consideradas como geradas estatisticamente pela população cujos parâmetros são iguais ao do ruído em dados reais. Sendo assim, é possível distinguir melhor variações pertencentes ao ruído das variações causadas por desgaste.

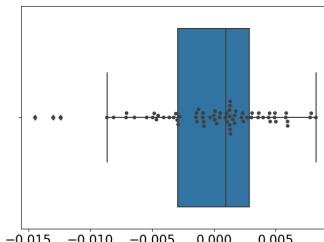


Figura 2: Outliers no boxplot de resíduos.

# Método para identificar regiões críticas de desgaste no revestimento de poços

**Clerisvaldo H. Santos Júnior** (clerisvaldo.junior@lccv.ufal.br)

Francisco A. V. Binas Júnior, Diego V. G. Ferreira, Eduardo T. Lima Junior, Aline S. R. Barboza

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Atualmente, diversas jazidas de hidrocarbonetos são descobertas em ambientes cada vez mais desafiadoras (Figura 1), demandando o uso de técnicas que permitam uma melhor análise da condição do poço durante o processo de perfuração, onde a coluna de perfuração pode entrar em contato com a parede interna de tubulares de revestimento já assentados, gerando forças de arraste e forças de contato provocando desgaste no revestimento. Dentre as alternativas para avaliação do torque e arraste,

destacam-se o modelo *soft-string* e o modelo *stiff-string*, além do emprego de modelos numéricos, usualmente em elementos finitos.

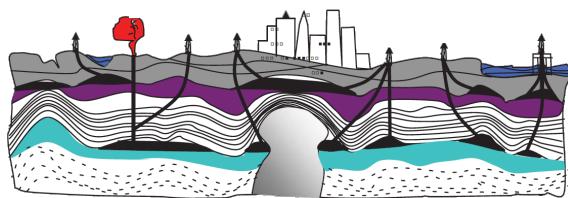


Figura 1: Exemplos de perfuração direcional.

## Metodologia

Para identificação de regiões críticas de desgaste propõe-se uma metodologia para geração do modelo de perfuração a ser avaliado pelo software ABAQUS, por meio da utilização de dados operacionais da perfuração de um poço de petróleo, em conjunto com os dados geométricos associados à trajetória do poço, e dados das colunas de revestimento. Assume-se que a trajetória da coluna de perfuração está bem próxima da trajetória do poço, podendo ter um desvio máximo de acordo com a geometria do poço. Se este desvio for ultrapassado, é suposto que aquele ponto é um possível ponto de contato entre a coluna de perfuração e o revestimento do poço.

## Resultados

O uso de um software em elementos finitos permite a incorporação de efeitos dinâmicos, torção, flambagem, interação fluido e estrutura, entre outros. Como etapa inicial desenvolve-se a construção dos elementos que compõem a coluna de perfuração, para isso utiliza-se os dados direcionais do poço e diâmetro dos elementos (Figura 2). Espera-se que com o desenvolvimento desta metologia e simulação obtida por meio do Software ABAQUS, seja possível avaliar, de maneira mais precisa, as regiões críticas de desgaste no revestimento. Assim, os resultados obtidos auxiliarão na análise de integridade do revestimento, ainda na fase de projeto.

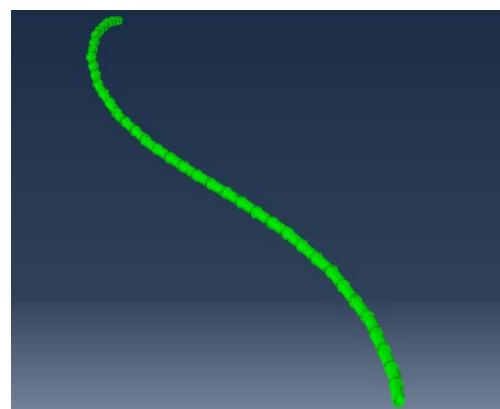


Figura 2: Visualização da coluna de perfuração.

# Estimativa das zonas de conexões por meio de dados de perfilagem na quantificação de desgaste

**Felipe P. Lima** (felipe.pedrosa@lccv.ufal.br)

Antonio Paulo A. Ferro, Lucas P. Gouveia, Diego V. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A perfilagem consiste no processo de aquisição de dados por meio da decida de ferramentas no poço. Esses dados podem ser usados para avaliar as condições do revestimento. Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma metodologia para estimar automaticamente as zonas de conexões a partir de dados ultrassônicos no lugar dos usuais dados de CCL. Esse tipo de informação é essencial para a quantificação de desgaste, sendo utilizado filtros de ruídos nas zonas de conexões precisam pois representam zonas de geometria complexa.

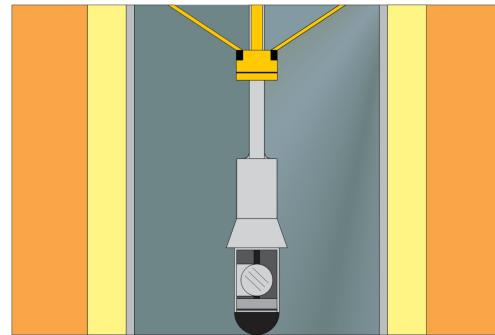


Figura 1: Representação de um equipamento de perfilagem.

## Metodologia

Utilizado os dados de CCL e ultrassônicos, obtidos por meio da perfilagem, busca-se identificar conexões a partir de ruídos de maior amplitude ao longo dos perfis. O perfil CCL capta alterações no campo magnético sendo impactado pela presença de mais material, durante a perfilagem, caracterizando regiões de conexões ou outros equipamentos nas proximidades. O instrumento ultrassônico mede o tempo de trânsito que ondas sonoras demoram para serem refletidas, sendo capaz de correlacionar essa informação com o raio interno e a espessura do revestimento. Busca-se utilizar técnicas numéricas como filtragem por transformada de Fourier para identificar os ruídos de grande amplitude nos dois perfis, esses ruídos podem caracterizar uma zona de conexão quando verificadas de forma periódica.

## Resultados

Observa-se uma boa correlação entre o perfil ultrassônico de dados de espessura e a identificação das conexões, possivelmente devido a captação da geometria complexa distinta do tubular gerada pela ressonância do equipamento. Enquanto o perfil ultrassônico de dados de raio apresenta grande dispersão, possivelmente devido à erros de medição relacionados à dificuldade de manter centralizada a ferramenta dentro do revestimento. O perfil CCL é capaz de identificar zonas de conexões, porém também de captar ruídos devido a outros equipamentos no poço. Em estudos de caso, o filtro por FFT em dados de espessura apresentou os melhores resultados, sendo o mais eficiente pois demarcou com maior precisão as regiões de conexão.

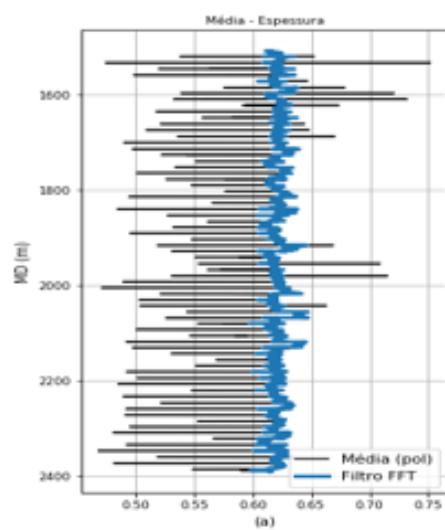


Figura 2: Filtro FFT aplicados a dados de média das espessuras.

# Análise de sensibilidade aplicada ao estudo do desgaste em poços

**Francisco A. V. Binas Júnior** (francisco.junior@lccv.ufal.br)

Diego V. G. Ferreira, Ilivanilton R. Barros, Eduardo T. Lima Junior, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Durante o processo de construção do poço, a coluna de perfuração pode manter contato com as partes internas do sistema de revestimento, gerando uma força de contato entre as superfícies, que em conjunto com a rotação da coluna pode provocar a remoção de volume de aço da parede do tubular, reduzindo sua resistência mecânica. Quantificar o desgaste em poços de petróleo de forma tradicional, sem o uso de tecnologias digitais, é bastante complexo e pode demandar dias de análise, para a completa análise do poço. Uma das atividades do projetista consiste em avaliar a influência que a variação dos parâmetros operacionais, das operações previstas para a perfuração, pode exercer sobre o desgaste no sistema de revestimento, este processo pode se tornar demorado caso tenha de desenvolver iterações manuais ou simular diversas análises separadamente. Assim, é desejável que a ferramenta utilizada permita desenvolver um conjunto de simulações em função de um range de valores para as variáveis de interesse.

## Metodologia

Além do desgaste previsto tem-se o desgaste permitido, que consiste no desgaste máximo no qual o sistema composto por tubo e conexões pode ser submetido, para isso são considerados os fatores de segurança associados a pressão interna, colapso do revestimento, e o limite da resistência das conexões desgastadas. Com a determinação do cálculo do desgaste previsto e desgaste permitido, realiza-se a análise de sensibilidade utilizando uma escala de valores para as variáveis associadas à geração do desgaste como o fator de desgaste, tempo de operação, velocidade de rotação da coluna, peso sobre a broca entre outros.

## Resultados

Para exemplificar a metodologia analisa-se como a mudança da velocidade de rotação e do tempo de uma operação interferem no desgaste. Por meio do perfil de desgaste observa-se que próximo da profundidade 3645 m é uma região crítica para o desgaste, portanto verifica-se por meio do mapa de cor quais os valores dos parâmetros que levam ao desgaste excessivo. O uso da aplicação criada auxilia ao projetista na elaboração de um projeto de perfuração apresentando relação custo e segurança viável para a sua execução.

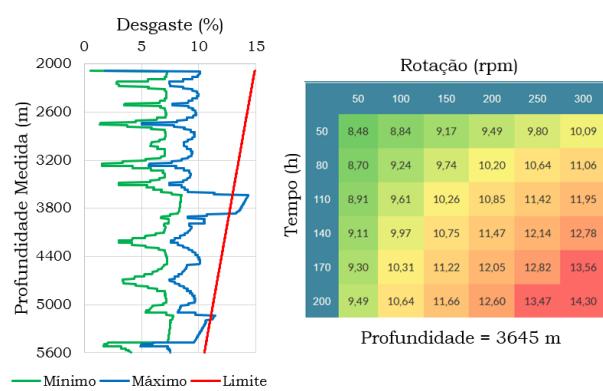


Figura 1: Resultados da aplicação.

# Planejamento direcional de poços de petróleo

Jéssica P. V. Valença ([jessica.vasconcelos@lccv.ufal.br](mailto:jessica.vasconcelos@lccv.ufal.br))

Francisco A. V. Binas Júnior, Diego V. G. Ferreira, Eduardo T. Lima Junior, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Um poço direcional consiste naquele cujo alvo não se encontra na mesma direção vertical da cabeça do poço. Um fator crucial para o seu sucesso é o planejamento direcional adequado, principalmente em poços com grandes afastamentos e poços que demandam grandes giros, cortando vários planos (3D). Esse planejamento engloba desde a trajetória do poço a escolha dos equipamentos da coluna de perfuração, analisando dificuldades relacionadas às manobras da coluna, à limpeza do poço, às opções de perfilagem, dentre outras. Outro fator importante é que a trajetória do poço deve ser analisada em termos de sua proximidade com os poços adjacentes, tentando reduzir os riscos de colisões (Figura 1).

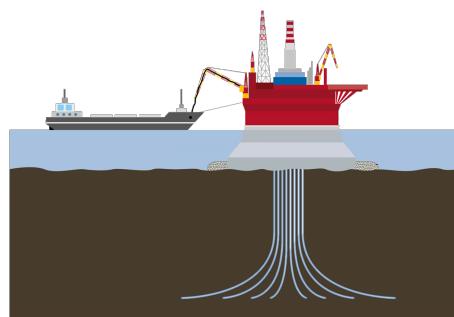


Figura 1: Plataforma com diversos poços direcionais.

## Metodologia

Incluída entre as etapas para a construção de um projeto executivo de poço tem-se a construção da trajetória planejada, que tem como objetivo definir o traçado do poço que atinja todos os alvos desejados. Uma trajetória pode ser dividida em trechos, que podem ser verticais, de ganho de ângulo (*buildup*), tangenciais (*slant*) e de perda de ângulo (*drop off*). Combinações desses trechos formam os diferentes tipos de trajetórias e para isso são utilizados dados iniciais de coordenadas UTM (projeção Universal de Mercator Transversa) de cabeça de poço e de alvos, azimutes, extensões dos trechos, taxas de ganho e perda de ângulos, ângulos de inclinação e raios de tolerância. Com isso os afastamentos e TVD's (profundidades verticais) são calculados e a trajetória planejada desenvolvida.

## Resultados

Como resultados têm-se os gráficos que representam as trajetórias planejadas, como o mostrado na Figura 2, que indica, além dos diferentes tipos de trajetórias, o alvo a ser atingido. As simulações previas auxiliam na definição de qual tipo de composição de coluna de fundo é mais adequada para o desenvolvimento de determinado tipo de trajetória direcional, pois existem diferentes composições de fundo (BHA) para diferentes finalidades. Sendo assim, o planejamento direcional de poços é de extrema importância, pois tenta minimizar as dificuldades e riscos na perfuração de poços direcionais.

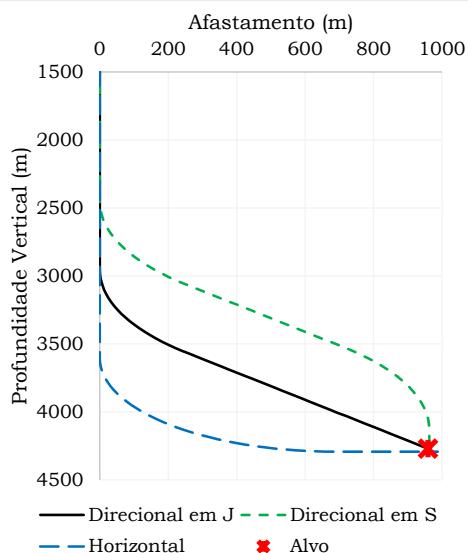


Figura 2: Diferentes trajetórias para atingir o alvo.

# Elaboração de modelos de previsões para a trajetória de perfuração de poços de petróleo

**Matheus C. A. Lúcio** (matheus.lucio@lccv.ufal.br)

Roberto B. Santos, Teófanes Vitor Silva, Diego V. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Joseir G. Percy

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Um dos principais desafios na perfuração de poços de petróleo é garantir que a trajetória prevista em projeto seja executada de maneira segura e correta, visto isso, esse projeto de pesquisa tem como objetivo elaborar um modelo estatístico capaz de definir com grande precisão os desvios da trajetória antes da execução. E além disso encontrar tendências nas trajetórias, utilizando conhecimentos técnicos e litológicos para auxiliar a perfuração de novos poços.

## Metodologia

Todo o processo para a elaboração do modelo foi feito utilizando a linguagem computacional python. Utilizou-se para acompanhamento direcional as técnicas matemáticas do mínimo raio de curvatura, após a captação de dados, organização e elaboração de um banco de dados otimizado, foi aplicado o método dos mínimos quadrados para encontrar uma regressão linear múltipla que pudesse explicar os desvios de rotas horizontais (afastamentos), encontrados na perfuração de um poço vertical submarino que fica situado no estado do Rio de Janeiro, no campo de Búzios. A priori foram utilizadas todas as variáveis independentes fornecidas para explicar o fenômeno, até chegarmos em um modelo mais otimizado composto por 4 (quatro) variáveis explicativas sendo elas: profundidade (P), tipo de rocha encontrada no momento de perfuração (TR), tipo de broca utilizada (TB) e velocidade máxima de rotação da broca (RMB).

## Resultados

Os modelos encontrados foram validados por meio da otimização do seu R-Quadrado, sendo o melhor modelo desenvolvido com capacidade de explicar 85,9 por cento dos afastamentos encontrados. Esse modelo ainda passará por um rigoroso processo de validação, visto que se faz necessário mais informações de poços semelhantes. Posterior ao ajuste e calibração deste modelo, o próximo passo da pesquisa é levá-lo para o âmbito dos espaços de estado, buscando encontrar uma função de transferência de estado, para dizer em tempo real a probabilidade da trajetória do poço durante a perfuração.

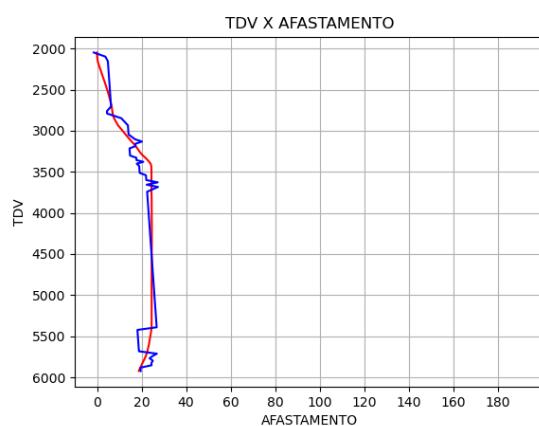


Figura 1: Resultados da aplicação.

# Análise dos modelos de tortuosidade em trajetórias para quantificação da força de contato pelo método do torque e arraste

**Teófanes Vitor Silva** (teofanes.silva@lccv.ufal.br)

João Paulo L. Santos, Diego V. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Joseir G. Percy

## Projeto de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O presente trabalho tem por objetivo avaliar os modelos de tortuosidade em trajetórias existentes e poder estimar a força de contato entre as colunas de perfuração e as paredes do poço (ver figura 1). As diferentes complexidades entre os modelos matemáticos para tortuosidade permite que cada técnica possa representar melhor os diferentes tipo de trajetória. A força de contato é um problema durante o projeto de poço, pois pode prejudicar as colunas de perfuração e induzir ao desgaste das colunas de revestimento, estruturas responsáveis pela sustentação da estrutura dos poços.

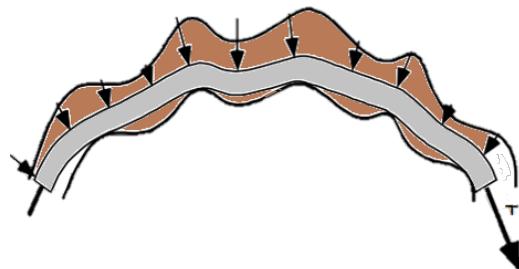


Figura 1: Trecho tortuoso de uma trajetória.

## Metodologia

Deseja-se construir trajetórias fictícias que possam representar poços reais. Para este fim utiliza-se como base de dados poços correlacionados, os quais já foram executados. Os critérios de correlação adotados consistem em primeiramente identificar o campo do poço, o tipo de trajetória e, finalmente, os trechos presentes na trajetória, portanto se os poços são do mesmo tipo possuirão trechos semelhantes. Os dados do banco de dados em conjunto aos modelos de tortuosidade, possibilitarão encontrar os métodos de tortuosidade melhor representativos para cada tipo de poço.

## Resultados

Este projeto construiu um módulo voltado para análise de dados, construção de trajetória fictícia e quantificação de força de contato. Utilizaram-se 4 modelos matemáticos para aplicação de tortuosidade.

- Método da onda senoidal possui representações mais suaves e contínuas dos dados utilizados.
- Método helicoidal possui melhor representação para poços verticais.
- Método randômico da inclinação dependente do azimute apresenta melhor desempenho em poços horizontais ou de alta inclinação.
- Método randômico do azimute e inclinação possui boa representatividade em poços direcionais com baixa inclinação.

Possibilita-se assim construir trajetórias fictícias o mais próximo possível de trajetórias reais, melhorando a estimativa da força de contato.

# Estudo sobre a distribuição de peso e torque no processo de alargamento

**Victor Matheus S. Siqueira** (victor.siqueira@ctec.ufal.br)

Jéssica P. V. Valença, Diego V. G. Ferreira, Francisco A. V. Binas Júnior, Aline S. R. Barboza

**Projeto de P&D**, Engenharia de petróleo

Duração: meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Reaming While Drilling (RWD) é uma técnica que consiste no alargamento e na perfuração de um poço realizados simultaneamente (Figura 1), esta técnica permite uma maior estabilidade no poço e reduz significativamente o tempo de execução da perfuração. Durante o RWD alguns cuidados devem ser tomados. A projeção do alargador e da broca como ferramentas independentes podem ocasionar problemas na perfuração como a baixa taxa de penetração (ROP), vibrações severas e desgaste prematuro das ferramentas de fundo de poço. Estes problemas podem ser mitigados por meio do controle da distribuição de peso e torque no BHA.

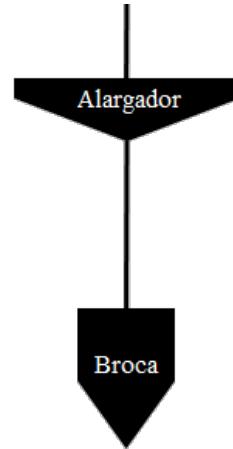


Figura 1: Esquema de BHA.

## Metodologia

Durante o RWD, alargadores e brocas podem perfurar formações com diferentes propriedades. Sendo assim, os valores de resistência destas rochas podem divergir entre si, tornando o controle do ROP ainda mais necessário para que a perfuração seja otimizada. Com isso, foi elaborado um modelo computacional baseado no equacionamento de energia mecânica específica apresentado por Teale (1965), que calcula os pesos e os torques no alargador e na broca, por meio de dados básicos de diâmetros da broca e do alargador, resistência das formações perfuradas, coeficientes de atrito das brocas e peso total do sistema.

## Resultados

Foram realizados estudos de casos que apresentaram resultados satisfatórios em comparação com respostas presentes na literatura. Como exemplo tem-se a Figura 2 que apresenta os resultados dos pesos submetidos à broca e ao alargador em diferentes formações rochosas (Casos), resultantes de um peso do sistema de 26.000 lb. Fazendo análises como essas, é possível otimizar o processo de perfuração com alargador, oferecendo subsídios importantes para seu planejamento e execução.



Figura 2: Pesos submetidos à broca e ao alargador.

# Utilização de testes automatizados para segurança e funcionamento das aplicações

**Arthur Sávio B. Melo** (asbm@lccv.ufal.br)

Marcos Antonio B. Lima, Edson Rabelo Júnior, Ilivanilton R. Barros, Lucas S. Sales, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Kevin Washington S. Lira, Leandro M. Sales

**Projeto de P&D, Ciência da computação**

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

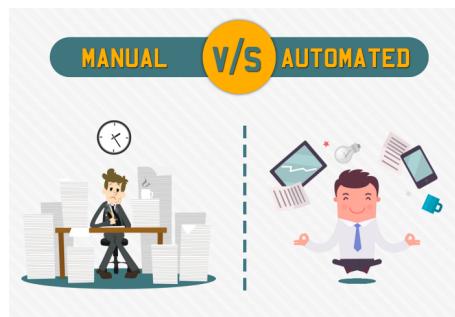
Durante o desenvolvimento de aplicações, testes manuais são realizados pelo time de desenvolvedores, examinando cuidadosamente as telas da aplicação, funcionamento e segurança. Porém, com o passar do tempo os testes manuais podem ficar cansativos e perder sua eficiência. É ai onde entra os testes automatizados, que otimizam bastante essa etapa do desenvolvimento, além de aumentar a cobertura e eficácia dos testes. O presente projeto tem por objetivo aprimorar a segurança e o funcionamento das aplicações SIMWEAR e CAESAR por meio da utilização de técnicas e bibliotecas para criação e utilização de testes automatizados.

## Metodologia

Uma vez que os testes automatizados são criados, eles podem ser facilmente repetidos e podem executar tarefas que manualmente seriam impossíveis ou chatas de realizar; também evitam retrabalhos e perda de tempo, por isso a automação se tornou um componente essencial no processo de desenvolvimento. A utilização de testes ajuda a identificar também falhas de segurança que podem passar despercebidas pelo time de desenvolvimento e que poderiam colocar em risco todo o funcionamento dos sistemas. Para a utilização de testes foram utilizadas bibliotecas como Jasmine e Karma, para testes no frontend e Unittest, para testes no backend.

No livro Agile Testing, de Lisa Crispin e Janet Gregory, são citadas vantagens em se utilizar testes automatizados:

1. Teste manual é demorado;
2. Reduzir a probabilidade de erros das tarefas de teste;
3. Os testes alertam se uma mudança no código pode quebrar alguma parte do sistema;
4. Prover feedback cedo e frequente;



## Resultados

A utilização das técnicas e bibliotecas apresentadas vem proporcionando uma menor taxa de erros, bugs e falhas de segurança na utilização dos sistemas. A cada nova funcionalidade ou reports dos usuários, novos testes podem ser feitos e executados sempre que necessário ou sempre que uma nova versão do sistema é disponibilizada, garantindo que as funcionalidades funcionem como o esperado e que elas possam reagir bem a qualquer problema possível.

# Code-review para aumentar a qualidade do desenvolvimento de software.

**Daniel M. Pimentel** (danielpimentel@lccv.ufal.br)

Marcos Antonio B. Lima, Edson Rabelo Júnior, Ilivanilton R. Barros, Lucas S. Sales, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Arthur Sávio B. Melo, Kevin Washington S. Lira, Leandro M. Sales

## Projeto de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Code-review, é uma técnica de revisão de código-fonte onde o desenvolvedor tem seu código revisado a cada nova alteração (commit). A prática de code-review em equipes ou times de desenvolvimento de software consiste em eleger outro desenvolvedor, que não seja o responsável pelo código, para analisar seu código ou parte dele. O revisor deverá analisar todos os arquivos e códigos do commit, verificando a lógica aplicada ao desenvolvimento seguindo as boas práticas, procurando por falhas em testes, bugs ou melhorias no algoritmo. Cabe ao revisor sugerir melhorias de código e questionar sobre funcionamento de qualquer algoritmo. A Figura 1) pode-se verificar os fluxo do processo

de code-review. O código inicial (initial code) é enviado para os revisores (reviewers) no qual pode ser refatorado, esse processo se repete até que as mudanças no código sejam aceitas.

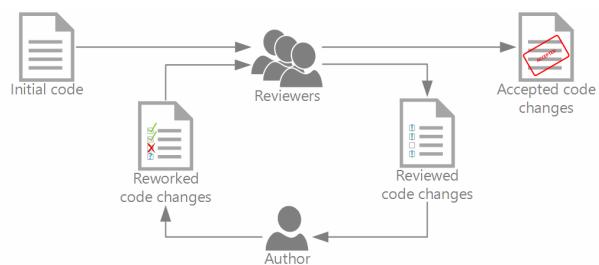


Figura 1: Fluxo do processo de code-review.

## Metodologia

Nos projetos Simwear e Caesar há um repositório no github para bugs e novas features dos respectivos softwares. Cada bug ou features é vinculado a uma issue autonumerada com toda a descrição devida. Os desenvolvedores são vinculados as respectivas issues, podendo haver mais de um desenvolvedor para uma mesma issue, que porventura trabalham no desenvolvimento do bug ou nova feature. Após a conclusão do processo de codificação, o commit do código é enviado no formato de pull-request. A cada novo pull-request um email é enviado para iniciar o processo de code-review. A figura 2 mostra a aceitação da alteração no código após ter sido analisado todo o algoritmo, realizado testes, sugerido boas práticas de programação e refatoração se necessário.

## Resultados

O processo de code-review é de suma importância para aumentar a qualidade dos software Simwear e Caesar, aumentando assim as boas práticas no desenvolvimento de software.

Figura 2: Code-review na aplicação Simwear.

# Otimizando a performance na renderização de dados em tabela.

**Edson Rabelo Júnior** (edson.rabelo@lccv.ufal.br)

Daniel M. Pimentel, Marcos Antonio B. Lima, Ilivanilton R. Barros, Lucas S. Sales, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Arthur Sávio B. Melo, Kevin Washington S. Lira, Leandro M. Sales

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A trajetória planejada de um poço é composta por um array de objetos, onde cada linha é um objeto que contém todas as informações daquele ponto do poço. Quando um poço possui uma trajetória com uma média de 300 pontos, o navegador consegue processar normalmente a renderização desses dados na tabela, porém, quando o número de pontos no poço entra na casa de milhar, o processamento se torna extremamente lento.

## Metodologia

O método se baseia em instruir o navegador a apenas renderizar os objetos cujo o atributo "visible" estivesse definido como "true" e iniciar a lista de trajetória com no máximo 250 itens. Utilizando a ferramenta Infinite Scroll em sua versão 0.8.3, fui capaz de capturar os eventos do scroll quando chegava próximos das extremidades (tanto na parte superior quanto na inferior) da tabela, dessa forma ao chegar nos últimos valores (caso existissem mais pontos na trajetória), o algoritmo define o atributo "visible" dos primeiros 100 objetos para "false" e define o "visible" dos próximos 100 objetos para "true". O inverso acontece caso a barra do scroll seja levada até o topo da tabela, desta forma a

renderização se mantém em no máximo 250 itens, do qual o navegador consegue processar mais naturalmente. 1

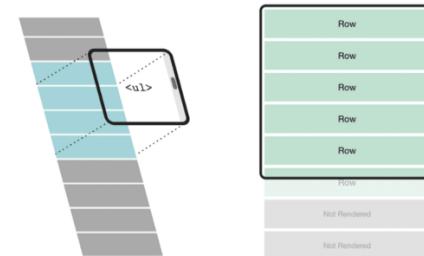


Figura 1: Renderização de elementos em tabela.

## Resultados

Com a implementação desta solução se tornou possível realizar a avaliação da trajetória planejada em pontos específicos de poços cuja trajetória se extendia em milhares de pontos. 2

SIMWEAR					
bugs_simwear 7-MRO-6DA-RJS - Felipe					
Relatório		Trajetória			
<input checked="" type="checkbox"/> Dados Gerais					
JL Assentamento de Sapatas					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase 1 (0m - 421)</li> <li>2010m-2154m</li> <li>Phase 2 (0m)</li> <li>2150m-2154m</li> <li>Phase 3 (112m - 221)</li> <li>2210m-2214m</li> <li>Phase 4 (41m)</li> <li>538m-5394m</li> <li>Phase 5 (12,21)</li> <li>574m-5784m</li> </ul>					
<input checked="" type="checkbox"/> Trajetória					
<ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Coluna de Perforação</li> <li><input type="checkbox"/> Dados de Operação</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Desgaste Limite</li> <li><input type="checkbox"/> Resultado</li> <li><input type="checkbox"/> Análise Paramétrica</li> </ul>					
Planejada	Modelada				
1.739,00	1.739,00	1.739,00	-50,11	881,96	39,94
1.740,00	1.740,00	1.740,00	-49,62	882,70	39,77
1.741,00	1.741,00	1.741,00	-49,11	883,44	39,60
1.742,00	1.742,00	1.742,00	-48,59	884,15	39,42
1.743,00	1.743,00	1.743,00	-48,05	884,85	39,24
1.744,00	1.744,00	1.744,00	-47,50	885,54	39,06
1.745,00	1.745,00	1.745,00	-46,93	886,21	38,87
1.746,00	1.746,00	1.746,00	-46,35	886,86	38,68
1.747,00	1.747,00	1.747,00	-45,76	887,50	38,49
1.748,00	1.748,00	1.748,00	-45,15	888,11	38,29
1.749,00	1.749,00	1.749,00	-44,53	888,72	38,09
1.750,00	1.750,00	1.750,00	-43,89	889,30	37,89
1.751,00	1.751,00	1.751,00	-43,24	889,87	37,69
1.752,00	1.752,00	1.752,00	-42,58	890,42	37,48
1.753,00	1.753,00	1.753,00	-41,90	890,96	37,27
1.754,00	1.754,00	1.754,00	-41,22	891,48	37,06
1.755,00	1.755,00	1.755,00	-40,51	891,98	36,85
1.756,00	1.756,00	1.756,00	-39,80	892,46	36,63
1.757,00	1.757,00	1.757,00	-39,08	892,93	36,42

Figura 2: Resultados na aplicação Simwear.

# Uma abordagem a Reactive Programming

**Ilivanilton R. Barros** (ilivanilton@lccv.ufal.br)

Arthur Sávio B. Melo, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Júnior,  
Kevin Washington S. Lira, Leandro M. Sales, Lucas S. Sales, Marcos Antonio B. Lima

## Projeto de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Como desenvolvedores front-end, estamos acostumados a lidar com solicitações assíncronas em nosso código. Somos constantemente solicitados a programar IO de usuários, buscas de dados de forma remota ou executar cálculos de longa execução simultaneamente, tudo sem parar o navegador. Indiscutivelmente, essas não são tarefas triviais e certamente exigem a necessidade de nos afastar do paradigma de computação síncrona e entrar em um modelo onde o tempo e a fluidez tornam-se pontos-chave.

O presente artigo tem por objetivo demostrar a importância de Reactive Programming em uso no módulo ANÁLISE PARAMÉTRICA(AP) da aplicação SIMWEAR por meio do RxJs.

## Metodologia

Um dos objetivos mais importantes de qualquer aplicativo é permanecer sempre disponível. Isso significa que é inaceitável que um aplicativo pare enquanto processa a entrada do usuário ou busca alguns dados adicionais do servidor via AJAX. De modo geral, o principal problema é que as operações de IO (leitura do disco ou da rede) são muito mais lentas do que a execução de instruções na CPU. Isso se aplica tanto ao cliente quanto ao servidor. Em JavaScript, a solução sempre foi tirar proveito das múltiplas conexões do navegador e usar callbacks para gerar um processo separado que cuida de alguma tarefa de longa duração. Assim que a tarefa terminar, o tempo de execução do JavaScript invocará o retorno de chamada com os dados. Embora muito útil para pequenos aplicativos, o uso de callbacks fica confuso com aplicativos mais complexos, de modo que as chamadas assíncronas são difíceis de gerenciar.

De modo a resolver esse problema foi aplicado o RxJS que é uma das implementações em javascript da API ReactiveX. Esta API pode ser usada com muitas outras linguagens como Java, C #,

Python, PHP, ruby. É uma biblioteca para compor programas assíncronos e baseados em eventos usando sequências observáveis para a programação reativa. A programação reativa é um paradigma de programação que funciona com fluxos de dados assíncronos. Ele trata tudo como um fluxo ordenado no tempo e esse fluxo pode ser gerado por solicitações HTTP, Eventos de IU ou objetos semelhantes.

Assim, a Análise Paramétrica se beneficia em suas chamadas assíncronas ao servidor objetivando realizar cálculos longos sem que o navegador web fique bloqueado para o usuário.



Figura 1: RxJs.

## Resultados

A utilização desta biblioteca em AP proporciona melhor fluidez na aplicação e proporciona ao usuário uma experiência similar a do uso em aplicações desktops.

# Aplicação de estratégias de usabilidade na otimização de GUIs e de ambientes interativos de visualização

**Kevin Washington S. Lira** (kevin@lccv.ufal.br)

Arthur Sávio B. Melo, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Júnior, Ilivanilton R. Barros, Leandro M. Sales, Lucas S. Sales, Marcos Antonio B. Lima

**Projeto de P&D**, Engenharia de computação

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O design de interfaces gráficas de usuário (do inglês *graphical user interfaces*, GUIs) costuma ser a última etapa do desenvolvimento de uma aplicação, limitando-se muitas vezes à aparência estética da aplicação. Contudo, uma boa interface precisa também ser organizada, coerente e intuitiva - tornando o mais fácil possível o fluxo de navegação de seus usuários.

O presente projeto tem por objetivo aprimorar a experiência de uso das aplicações SIMWEAR e CAESAR por meio da utilização de estratégias de otimização de usabilidade - considerando a relevância do processo de design centrado no usuário antes, durante e após o desenvolvimento das aplicações.

## Metodologia

O propósito do design de interfaces centrado na experiência do usuário é o desenvolvimento de uma interface que possibilite que o usuário realize suas ações de forma simples, intuitiva e eficiente, que o mantenha consciente sobre o estado atual da aplicação e sobre qual será o resultado de suas interações com os elementos presentes na interface - visando assim minimizar a ocorrência de erros.

De modo a corrigir os problemas de usabilidade encontrados nas aplicações supracitadas, foram aplicadas duas estratégias de modo a guiar a otimização das interfaces: as **heurísticas de usabilidade para design de interfaces** (NIELSEN, 1994) e as **oito regras de ouro do design de interface** (SHNEIDERMAN, 1985).

Ambas as estratégias somam juntas 18 regras que têm por objetivo guiar o processo de desenvolvimento de interfaces de usuário, ajudando a pro-

jetar uma boa interface e por consequência uma ótima experiência de uso. À medida em que os problemas são identificados pela equipe de desenvolvimento ou reportados pelos usuários das aplicações, as interfaces são refatoradas seguindo linhas de design e usabilidade mais modernas e eficazes.

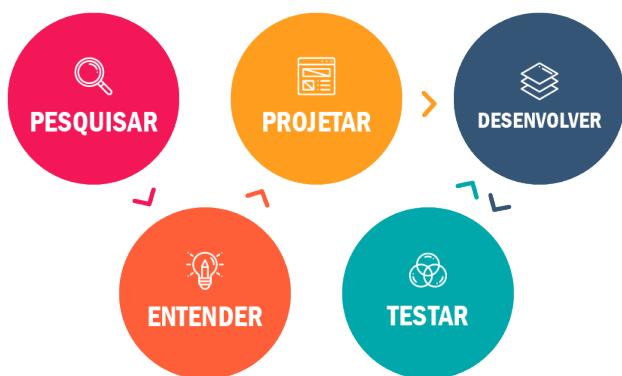


Figura 1: Ilustração do processo de desenvolvimento.

## Resultados

O uso dessas estratégias na otimização de interfaces é essencial para o desenvolvimento de uma experiência de uso que envolva os usuários com a aplicação da forma mais natural e simples possível. Não se trata de tornar algo mais bonito, mas sim de entender que a harmonia entre os elementos é crucial para determinar se a experiência oferecida será boa ou ruim. Nesse aspecto, pode-se concluir que as estratégias de otimização aqui apresentadas fazem com que ambas as aplicações evoluam constantemente em busca da melhor experiência possível.

# Métodos de controle de resultados em aplicações assíncronas

**Marcos Antonio B. Lima** (marcoslima@lccv.ufal.br)

Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Júnior, Ilivanilton R. Barros, Lucas S. Sales, Carlos Walter L. Barbosa Neto, Arthur Sávio B. Melo, Kevin Washington S. Lira, Leandro M. Sales

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Em uma comunicação assíncrona, o emissor envia o fluxo de dados e periodicamente insere um elemento de sinal, comumente chamado de "flag", para que seja possível identificar o "start-bit", como inicio dos dados e "stop-bit" como fim. Em aplicações corporativas, onde há necessidade de requisições de totalizadores e quando estes sofrem enfileiramento, o retorno destas requisições tende a apresentar inconsistências. O presente projeto visa apresentar técnica que garanta a identificação

do retorno das requisições assíncronas.



Figura 1: Comunicação assíncrona.

## Metodologia

A inserção de chave de identificação "hash" à string de requisição HTTP permite à camada de apresentação de dados e interação com o usuário, controlar e selecionar as respostas recebidas da API (Application Programming Interface), onde todos os cálculos e persistências são efetuados. Desta forma, obteremos maior confiabilidade nos dados de retorno em operações de cálculo e consolidação de resultados.

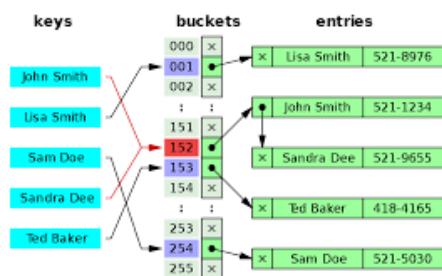


Figura 2: Algoritmo Hash.

## Resultados

Foi obtida integração plena entre aplicação front-end e back-end permitindo efetuar requisições de cálculos e totalizadores com garantia de retorno e sua posterior apresentação

# Modelagem Numérica da Cravação de um Revestimento Condutor pelo Método dos Elementos Finitos

Raniel Deivisson A. Albuquerque (raniel@lccv.ufal.br)

Aline V. Esteves, Jennifer Mikaella F. Melo, Sayonara C. Bulandeira, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Estudos experimentais e numéricos são essenciais no processo de tomada de decisão do operador para escolha da técnica mais indicada para instalação do revestimento condutor. A presente atividade visa a modelagem numérica de operações de instalação de revestimento condutor por cravação. O modelo está sendo desenvolvido com base no Método dos Elementos Finitos e calibrado empregando dados de relatórios de cravação de ensaios experimentais.

## Metodologia

A cravação do revestimento condutor engloba três etapas: cravação por peso próprio, sucção e martelamento. Foram feitas modelagens de validação no Abaqus de cada uma das fases com base em artigos da literatura. O solo argiloso foi modelado como elastoplástico perfeito com o modelo constitutivo de Mohr-Coulomb. Os parâmetros elásticos e de resistência e sua variação ao longo da profundidade foram calculados com base em dados de ensaio de penetração do piezocone (CPTu) do campo em análise. O método de acoplamento Euleriano-Lagrangiano (CEL - *Coupled Eulerian-Lagrangian*) está sendo empregado por permitir a modelagem de grandes deformações do solo sem distorções muito acentuadas dos elementos (ver Figura 1).

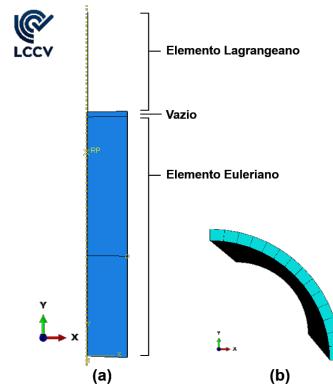


Figura 1: (a) Esquema do acoplamento Lagrangeano-Euleriano do sistema solo-condutor (b) Vista superior da malha numérica do revestimento condutor. Fonte: Autores (2020).

## Resultados

Os resultados obtidos permitiram a escolha do modelo constitutivo do solo, de técnicas de modelagem para cada uma das fases da cravação e da abordagem mais indicada para a malha. A modelagem das fases de cravação por peso próprio e sucção indicou a convergência com os dados dos relatórios utilizados para calibração. Estudos em desenvolvimento envolvem a calibração do martelamento, a otimização do tempo de simulação e análises da interação solo-revestimento. A calibração da modelagem da instalação do condutor por cravação irá fornecer resultados que devem contribuir para a compreensão de fenômenos ligados à

fase de início de poço.

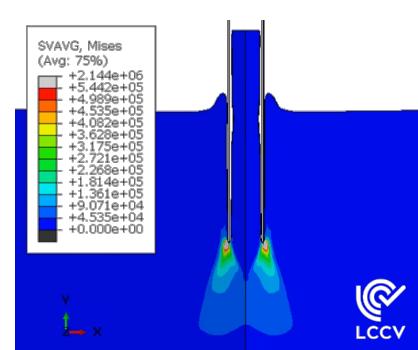


Figura 2: Distribuição de tensões no solo durante a cravação. Fonte: Autores (2020).

# Variação dos dados medidos de CPTu no solo marinho brasileiro

**Adlehr Gabriele C. Oliveira** (adlehr@lccv.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Aline V. Esteves, Beatriz R. Barboza, Eduardo T. Lima Junior,  
João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A estimativa dos parâmetros do solo (resistência ao cisalhamento não drenado, peso específico submerso, por exemplo) são essenciais para o projeto de poços de petróleo. O *Piezocene Penetration Test* (CPTu) é um dos ensaios *in situ* mais utilizados para caracterizar o comportamento geométrico por ser robusto, simples, rápido, econômico e por fornecer sondagens contínuas do solo. Essa estimativa sempre inclui incertezas decorrentes de diferentes fontes que, segundo a DNV-RP-C207,

são divididas em duas categorias principais: epistemáticas e aleatórias (ver Figura 1).

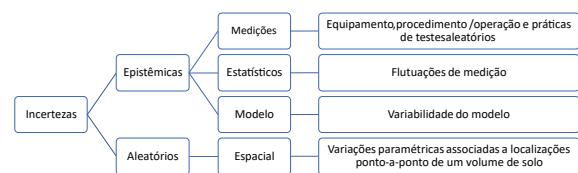


Figura 1: Tipos de incertezas segundo a DNV-RP-C207.

## Metodologia

Phoon e Kulhawy (1999) afirmam que algumas medições diretas de ensaios geotécnicos não são diretamente aplicáveis em projetos. Logo, um modelo de transformação é necessário para relacionar as medições dos ensaios a um parâmetro de projeto apropriado. A proposta desta atividade consiste na avaliação das incertezas do modelo de transformação de resistência ao cisalhamento não drenada ( $S_u$ )

$$S_u = \frac{q_T - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_{net}}{N_{kt}}$$

onde  $q_T$  é a resistência de ponta do cone,  $\sigma_{v0}$  é a tensão vertical total,  $N_{kt}$  é o fator de cone e  $q_{net}$  é a resistência de ponta residual. Para atingir os resultados, foram utilizadas ferramentas estatísticas como o coeficiente de variação ( $COV$ ), o fator de

viés ( $b$ ) e a variabilidade do parâmetro ( $\varepsilon$ ).

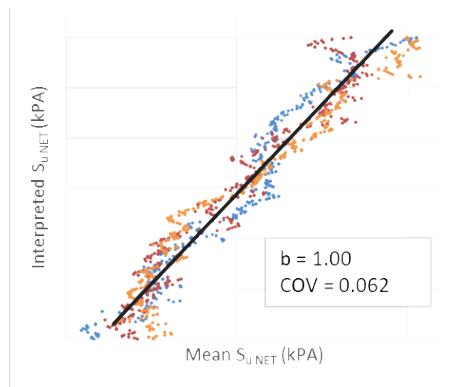


Figura 2: Comparação entre os valores de  $S_u$  interpretados e médios usando o modelo de transformação.

## Resultados

A partir da análise de todos os dados, conclui-se que a repetibilidade geral das sondagens CPTu é satisfatória. Além disso, os baixos níveis de incertezas mostram que os dados do ensaio CPTu são consistentes e fruto de um processo criterioso de aquisição. Os níveis de incerteza do modelo de transformação utilizado também foram considerados baixos e os resultados de resistência ao cisalhamento não drenada são considerados coerentes e com baixa incerteza, o que permite sua aplicação em projetos com poucas ressalvas.

# Ferramenta de Interface Gráfica para a Utilização em Programa de Caracterização Geotécnica Aplicada à Fase Inicial de Projeto de Poço

Evérton B. Silva (everton\_borges@lccv.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

**Atividade de P&D, Ciência da computação**

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O desenvolvimento de uma interface gráfica de utilizador (*Graphical User Interface - GUI*) tem como objetivo tornar a utilização de um programa mais amigável ao usuário, sendo de grande importância no desenvolvimento de software. São fornecidos botões, imagens, caixas de textos e outros elementos que facilitem a navegação de quem faz uso do programa. A utilização de bibliotecas Python possibilitou o desenvolvimento de um código e de uma interface que atendeu, até o presente momento, às necessidades do projeto. A interface gráfica do SEST-Solos foi desenvolvida para reunir todas as funcionalidades implementadas no código fonte dando ao usuário agilidade e desempenho na obtenção de resultados.

## Metodologia

A aplicação do módulo PySide2 para Python permitiu a utilização da biblioteca Qt no desenvolvimento da interface gráfica. Esse módulo possui as seguintes vantagens: flexibilidade para oferecer diversos elementos interativos para manipulação do usuário; robustez para implementação de vários eventos de interação (clique, arraste, copiar e colar, por exemplo); e velocidade de desenvolvimento com ferramentas gráficas de projeto de interface. Entre os ganhos que o projeto teve foi a rapidez nas modificações do layout, uma biblioteca

com uma vasta documentação e funcionalidades.

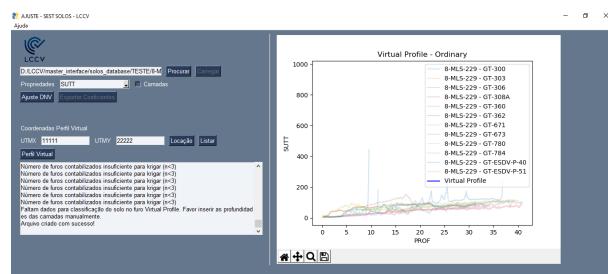


Figura 1: Ilustração da antiga interface do projeto.

## Resultados

Atualmente, uma segunda versão da interface gráfica foi enviada para uso pelo cliente do projeto do SEST-Solos. Esta possui três seções: Tratamento de Dados; Classificação e Ajuste; e Perfil Virtual. Na seção de Tratamento, é possível fazer o pré-processamento dos dados provenientes de arquivos JSON ou XLSX que são carregados no programa. Na seção de Classificação e Ajuste, é possível executar funções de extrapolação, classificação estratigráfica do e ajuste de parâmetros seguindo a metodologia da DNV-RP-C207. Na seção de Perfil Virtual, é possível estimar comportamento paramétrico de solo utilizando técnicas geoestatísticas.

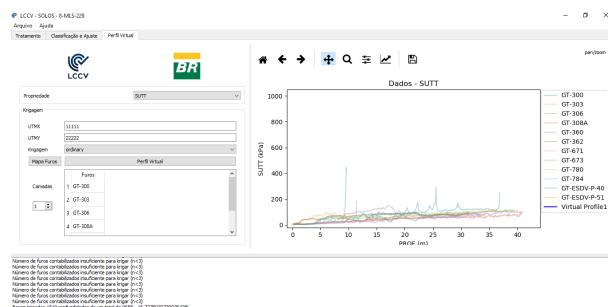


Figura 2: Resultados de uma das abas da nova interface do projeto.

# Análise Paramétrica do Jateamento de Revestimento Condutor em Solo Argiloso

**Anderson Fernando C. Gomes** (andersonfgomes@lccv.ufal.br)

Eduardo Matheus A. Pacheco, Joyce K. F. Tenório, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

No assentamento em águas profundas do revestimento condutor por jateamento, o solo é predominantemente argiloso e de alta umidade. Com isso em mente, é possível tratar essa mistura de solo e água como um fluido não-newtoniano com limite de escoamento. Essa abordagem tem a vantagem de tornar a complexidade da modelagem de partículas de solo em contato com o fluido jateado. Uma boa validação, porém, é necessária. Por isso, um estudo paramétrico é um passo fundamental para verificar a viabilidade dessa abordagem e suas limitações. Com base em estudos similares e análises de laboratório, entende-se que o aumento da concentração de argila na mistura influencia exponencialmente nas propriedades reológicas e, portanto, composições de solo não-drenado devem possuir parâmetros altos de viscosimetria.

## Metodologia

O método de Lattice Boltzmann, base do *software* utilizado, adota ferramentas estatísticas para entender a dinâmica causada pela cinética das partículas, representando os fluidos numa escala mesoscópica. A interface trabalhada se dá na abordagem de Volume de Fluido, que calcula e preenche os nós da geometria com uma concentração entre os dois materiais representados. As dimensões definidas para o domínio foram tais que garantissem dissipação das tensões envolvidas sem influência de bordas, como indicado na Figura 1. O conjunto de jateamento desce continuamente com o tempo enquanto jateia água pura no solo representado por um fluido viscoplástico.

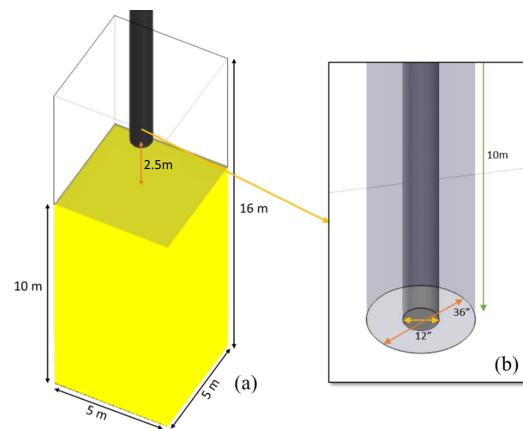


Figura 1: Dimensões do modelo criado (a) e do condutor com a coluna (b). Fonte: Autores (2020).

## Resultados

A análise paramétrica foi realizada para quatro parâmetros: a velocidade, como variável de projeto de jateamento, e três variáveis da equação de Herschel Bulkley modificada  $\tau = \tau_0 + k \cdot (\gamma^n - (\frac{\tau_0}{\mu_0})^n)$ : o índice de consistência ( $k$ ), o limite de escoamento ( $\tau_0$ ) e a viscosidade limite ( $\mu_0$ ). Essa análise permite resultados qualitativos (Figura 2) e quantitativos. A partir destes, foi possível perceber a influência de tais parâmetros na profundidade atingida e na largura e estabilidade do furo formado, bem como tendências de comportamento.

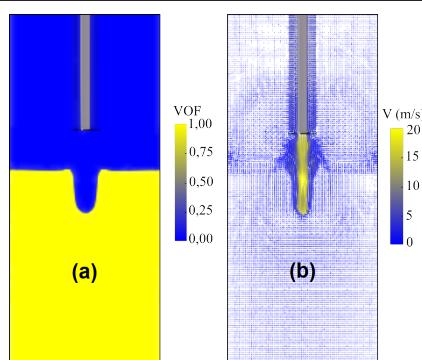


Figura 2: Resultados qualitativos para (a) Fração volumétrica e (b) Velocidade. Fonte: Autores (2020).

# Modelagem da instalação de revestimento condutor por jateamento utilizando uma abordagem LBM/FEM

Joyce K. F. Tenório (joyce.tenorio@lccv.ufal.br)

Anderson Fernando C. Gomes, Eduardo Matheus A. Pacheco, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos, Eduardo T. Lima Junior

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A fase de início de poço é uma etapa essencial da construção de poços de petróleo devido à sua associação com a integridade estrutural e o sistema de cabeça do poço durante as fases de construção e operação. A tecnologia de instalação de condutores por jateamento é eficiente e de baixo custo, o que a torna uma técnica notavelmente interessante para ser utilizada em situações específicas como em cenários com solos pouco consolidados.

## Metodologia

Este trabalho aborda uma cossimulação numérica geomecânica do jateamento de condutor num campo *offshore* argiloso. Para apoiar o processo de tomada de decisão durante a operação de perfuração e estimar informações, tais como tempo de perfuração, profundidade atingida e distribuição de tensões no solo e no revestimento, foi proposta uma metodologia para modelar o processo de jateamento. Além disso, parâmetros como a velocidade do jato e a distância entre o jato e a superfície do solo são também analisados. A cossimulação ocorre entre os softwares *Abaqus* e *Xflow*, o que consiste em um acoplamento entre as estratégias *Lattice Boltzmann* (LBM) e do Método dos Elementos Finitos (FEM). A representação do solo é dada no *Abaqus* a partir do modelo constitutivo elastoplástico de *Mohr-Coulomb* enquanto o fluido jateado é modelado no *Xflow*. As etapas da mode-

lagem e um diagrama do processo de cossimulação são encontrados na Figura 1.

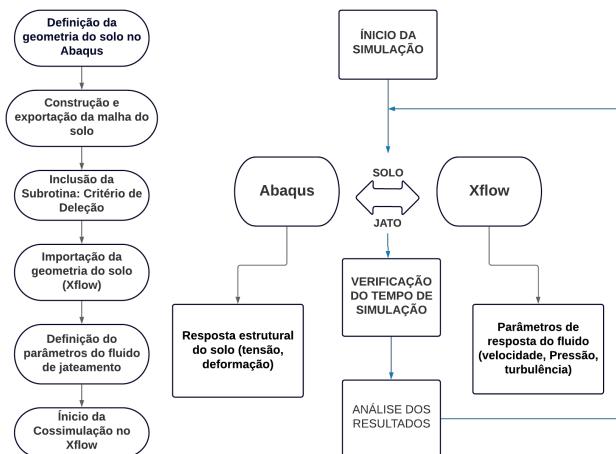


Figura 1: Etapas da modelagem e funcionamento do processo de cossimulação. Fonte: Autores (2020).

## Resultados

As simulações numéricas já realizadas mostraram que o jateamento do condutor no solo envolve grandes deformações, o que torna necessário utilizar um critério de deleção dos elementos da malha. Isto é realizado com a ajuda de subrotinas que definem critérios de deformação e tensão específicos para variáveis de campo nos pontos de integração dos elementos. Este trabalho visa contribuir para projetos de início de poço e consequente melhoria das operações de jateamento, aumentando também a probabilidade de sucesso das operações seguintes.

# Análises da Interação Solo-Revestimento Durante e Após a Instalação do Revestimento Condutor

Aline V. Esteves (alineesteves@lccv.ufal.br)

Jennifer Mikaela F. Melo, Raniel Deivisson A. Albuquerque, Joyce K. F. Tenório, Jonathan D. Silva, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 26 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O revestimento condutor é fundamental para a garantia da integridade estrutural do poço, sendo responsável por grande parte dos esforços construtivos iniciais. A integridade do sistema estrutural deve ser avaliada em conjunto com o solo que o suporta. A presente atividade visa a análise da interação solo-revestimento, com ênfase na ocorrência e quantificação do tamponamento do condutor durante sua instalação, na estimativa da capacidade de carga e no ganho de resistência do solo com o tempo (efeito *setup*). A entrada do solo no interior do condutor durante a instalação pode levar ao seu tamponamento, fazendo com que seu comportamento se assemelhe ao de um elemento de ponta fechada. Esse fenômeno é favorável para a capacidade de carga, mas desfavorável durante o processo de instalação por aumentar a resistência à penetração. Segundo a API RP 2A-WSD, a capacidade de carga de estacas carregadas axialmente em solos coesivos é função da resistência não drenada, da tensão efetiva atuante, do diâmetro e comprimento da fundação. O efeito *setup* consiste no aumento das tensões efetivas com a dissipaçāo de poropressões ao longo do tempo, o que resulta no aumento da capacidade de carga do solo.

## Metodologia

A avaliação da interação solo-revestimento será feita com modelos numéricos desenvolvidos no software Abaqus. O efeito do tamponamento será quantificado pelos parâmetros: Razão de Incremento de Preenchimento (IFR - *Incremental Filling Ratio*) e Razão do Comprimento do Tampão (PLR - *Plug Length Ratio*). A capacidade de carga dos condutores será avaliada pelo atrito lateral e resistência de ponta mobilizados após as simulações no Abaqus de sua instalação por jateamento ou cravação (ver Figura 1). Esse valor será comparado com a resistência prevista em norma e calculada com os dados de ensaios de penetração do piezocone (CPTu). A avaliação do ganho de resistência ao longo do tempo pode ser feita pela simulação de ensaios como arrancamento ou prova de carga em diferentes tempos após a instalação.

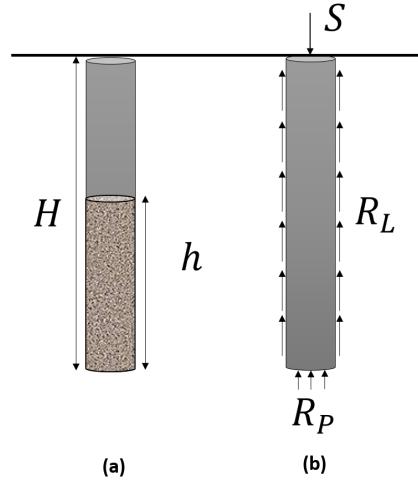


Figura 1: (a) Tamponamento (b) Capacidade de carga do condutor. Fonte: Autores (2020).

## Resultados

A revisão de literatura e definição de metodologias para modelagem da interação solo-revestimento estão em desenvolvimento. Os resultados esperados permitirão um melhor entendimento dos efeitos do acoplamento solo-revestimento na fase de início de poço.

# Engenharia Oceânica

# Metodologia para Cálculo da Pressão de Contato no Método dos Pontos Materiais

**Leonardo T. Ferreira** (leonardotoledo@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Adeildo S. Ramos Júnior

## Atividade de P&D

Duração: 2 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Mobilizando grandes quantidades de matéria por extensas regiões, escorregamentos submarinos podem danificar seriamente equipamentos offshore e até mesmo plataformas ancoradas. Deste modo, o estudo do escorregento e da sua interação com estruturas submersas pode otimizar o projeto e diminuir danos causados por potenciais deslizamentos. O MPM é uma técnica numérica bastante utilizada para simular escorregamentos submarinos e possui uma rica literatura rica em relação ao cálculo da força de contato. Entretanto, a metodologia de cálculo da pressão de contato ainda é incipiente. Para contornar esse problema, este trabalho propõe uma metodologia de cálculo da pressão de contato no MPM.

## Metodologia

O procedimento de cálculo da pressão de contato pode ser dividido em duas partes: cálculo da força de contato e delimitação da superfície de contato. A força de contato é calculada utilizando algoritmos de contato já consolidados para o MPM. Porém, devido a natureza do MPM, a superfície de contato não é explicitamente definida. Para calculá-la, identificamos os nós onde a força de contato é calculada e a superfície é dada pela interpolação, via B-Splines, das posições destes nós. A colisão de dois blocos elásticos (fig. 2) é utilizado para validar a metodologia. O valor analítico do comprimento da interface era de 2,5 m e nossa

metodologia obteve 2,477 m.

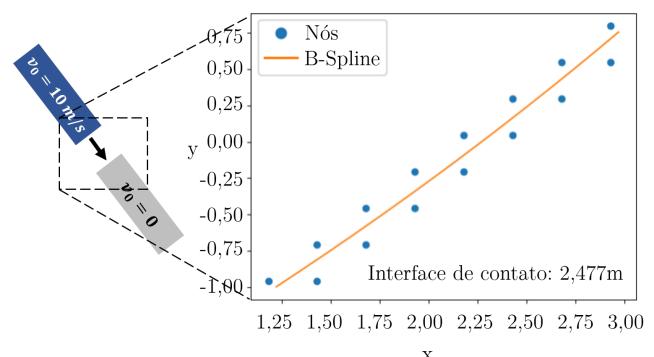


Figura 1: Aproximação da interface de contato.

## Resultados

A Figura 2 mostra o resultado da pressão de contato obtido para o problema da colisão entre blocos elásticos dividindo-se o valor da força de contato pelo comprimento da interface de contato. Nela, o resultado analítico deste problema é confrontado com o resultado obtido no programa e-Sub. Utilizou-se o método de contato de John A. Nairn e nota-se uma boa aproximação, considerando-se que nesse problema foi utilizada uma malha de fundo de baixa resolução.

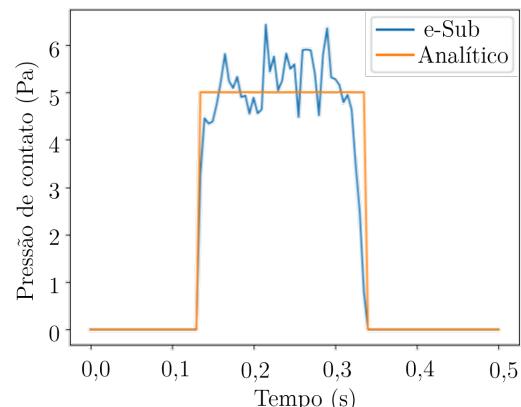


Figura 2: Validação da pressão de contato.

# Modelagem Numérica de Experimentos de Centrífuga Utilizando o Método dos Pontos Materiais

**Paulo Victor L. Santos** (paulo.santos@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Tiago P. S. Lôbo, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Diogo T. Cintra, Luciana C. L. M. Vieira, Taise M. de Oliveira Carvalho

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Este trabalho tem como objetivo modelar experimentos de centrífuga numericamente utilizando o Método dos Pontos Materiais (MPM). Os experimentos de centrífuga tem, por finalidade, estudar deslizamentos de massas submarinas que podem atingir estruturas de extração de petróleo, podendo causar grandes desastres financeiros e ambientais. O fluxo de detritos (*Debris Flow*) em meio submarino pode ter diversos gatilhos, dentre eles estão: chaminés de gás, tsunamis e movimento tectônico. Alguns riscos envolvidos nesse fenômeno e gatilhos do mesmo podem ser vistos na fig. 1. Utilizamos o software E-Sub para reproduzir numericamente experimentos de escorregamentos submarinos, em centrifuga, encontrados na literatura.

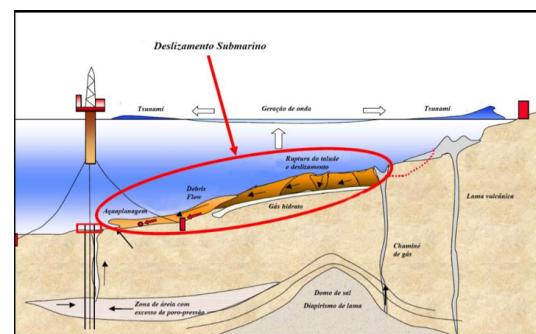


Figura 1: Ilustração demonstrando a ocorrência de fluxo de detritos e riscos envolvidos (Gue, 2012).

## Metodologia

O MPM é um método numérico onde meios contínuos são representados por meio de pontos materiais que se movem em uma malha de fundo, que pode ser fixa. Deste modo, o método evita problemas de distorção de malha, sendo uma boa alternativa para resolver problemas com grande deslocamento, como é o caso de escorregamentos submarinos. Os exemplos de centrífuga utilizados neste trabalho foram realizados por outros autores. Em adição, templates no software E-Sub foram criados para facilitar o uso do MPM. Por fim, uma comparação qualitativa e quantitativa do resultado obtido numericamente com o resultado experimental foi relaxada.

## Resultados

A fig. 2 mostra uma das simulações dos experimentos de centrífuga onde podemos observar o fenômeno de aquaplanagem, típico de escorregamentos submarinos. No entanto, ajustes ainda precisam ser feitos em diversos parâmetros físicos do modelo para que o resultado se adeque melhor as medidas quantitativas fornecidas pelos ensaios preliminares. Apesar disso, o comportamento do deslizamento se apresenta bastante similar aos es-

tudos experimentais.

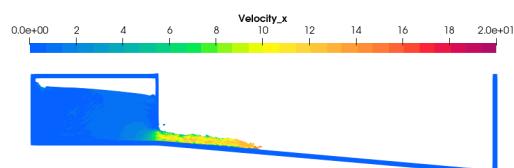


Figura 2: Instante de tempo de simulação realizada como comparação ao feito por Hotta (2019).

# Caixa de Ferramentas na Linguagem Python para Geração dos Scripts de Modelagem do Programa e-Sub

**Leonardo T. Ferreira** (leonardotoledo@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Adeildo S. Ramos Júnior

## Atividade de P&D

Duração: 1 mês (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Na elaboração de *scripts* para simulação de modelos computacionais, é essencial a existência de uma caixa de ferramentas que permita ao usuário ter praticidade durante a criação do código e velocidade durante sua execução. No programa e-Sub, optou-se pelo uso das linguagens Python e C++ para viabilizar a geração de scripts. Conforme mostra a Figura 1, foram construídos módulos em C++ para executar as funcionalidades básicas, acessados por meio de uma interface Python. Então, uma caixa de ferramentas foi desenvolvida em Python, tirando proveito do paradigma de orientação a objetos para que a geração do modelo fosse feita de forma mais organizada.

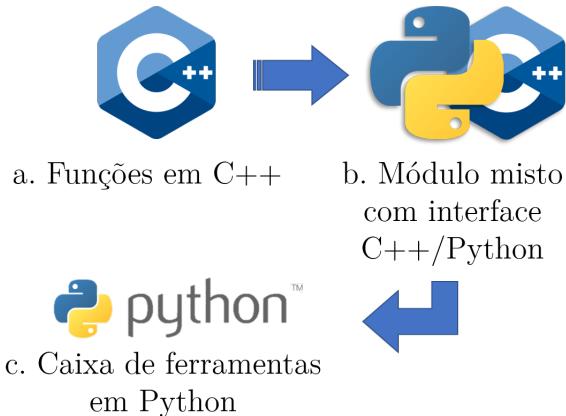


Figura 1: Organização dos scripts do e-Sub.

## Metodologia

A metodologia de uso da caixa de ferramentas se encontra resumida na Figura 2. Partindo-se da leitura, é possível utilizar três formas diferentes de entrada: novos *scripts* (desenvolvidos em Python com as classes da caixa de ferramentas), um arquivo de extensão .mpm (extensão padrão do programa e-Sub, que pode inclusive conter um modelo pré-simulado) ou um arquivo de extensão .json. Os dados de entrada são utilizados para gerar um modelo físico (contendo materiais, geometrias, malha de fundo e outras informações) que é simulado chamando-se um método da caixa de ferramentas que faz interface com um módulo escrito em C++ e que executa o programa e-Sub.

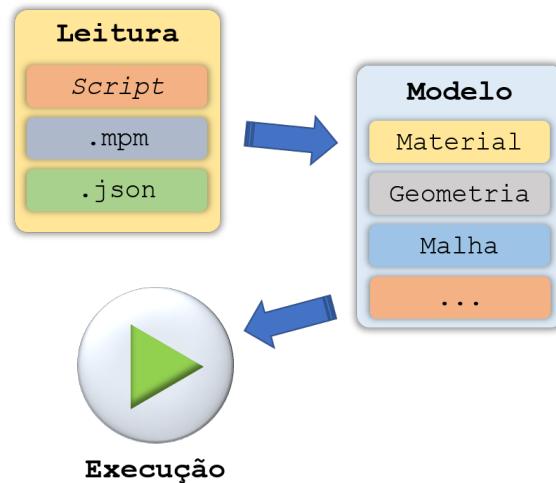


Figura 2: Funcionamento da caixa de ferramentas.

## Resultados

Com o uso dessa caixa de ferramentas, o usuário final fica abastecido de um ferramental poderoso e ágil. Dessa forma, o desenvolvimento de novos *scripts* para simulação de novos modelos torna-se mais prática, permitindo que a validação e as etapas consecutivas de elaboração do programa e-Sub sejam aceleradas.

# Nova Abordagem de Inicialização de Partículas Utilizando o Método dos Pontos Materiais

**Pedro Igor F. Amorim** (pedro.amorim@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Tiago P. S. Lôbo

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A modelagem computacional de fenômenos físicos por meio de métodos numéricos usualmente começa com a etapa de discretização, i.e., a tradução de um modelo físico real para um conjunto de entidades matemáticas que serão interpretadas e iteradas por uma técnica numérica. Deste modo, a compatibilização das entidades matemáticas é essencial para garantir que o exemplo simulado seja equivalente ao de referência. No caso do Método dos Pontos Materiais (MPM), a etapa de discretização consiste na criação de pontos materiais, que representam o contínuo a ser simulado, e de uma malha de fundo por onde esses pontos irão se movimentar. A geração dos pontos materiais é normalmente feita nos nós de uma malha estruturada, criando problemas ao discretizar domínios curvos ou não alinhados com a malha. Este trabalho propõe a utilização de uma malha não estruturada, capaz de melhor representar objetos de geometria arbitrária, diminuindo assim erros na representação geométrica da configuração inicial dos contínuos discretizados.

## Metodologia

O processo de inicialização dos pontos materiais parte da criação de uma malha suporte de elementos finitos. O método atualmente empregado utiliza uma malha regular de elementos quadrados, alocando os pontos materiais em seus nós e removendo as partículas fora do domínio da geometria. O algoritmo proposto utiliza uma malha não estruturada para a inicialização dos pontos materiais, utilizando os pontos de gauss de seus elementos para o posicionamento das partículas. A Figura 2 ilustra o processo de inicialização dos pontos materiais utilizando o algoritmo atual (a) e o alternativo desenvolvido neste trabalho (b).

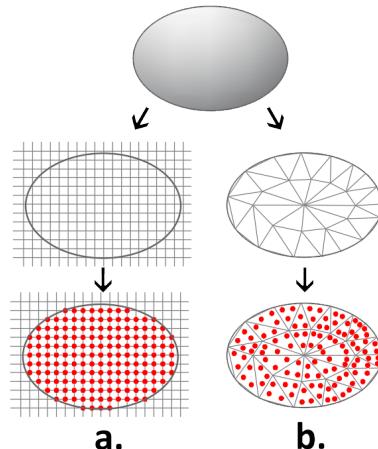


Figura 1: Processo de inicialização das partículas.

## Resultados

O algoritmo proposto distribui melhor os pontos materiais quando comparado com a geração via malha regular. Especificamente, padrões de dentes de serra, presentes no algoritmo de geração padrão, são completamente eliminados com a técnica proposta, sendo ilustrado pela Figura 2, onde a. é o processo padrão e b. é o processo alternativo. Além disso, há uma melhora no cálculo de variáveis que dependem da geometria do modelo (como as normais).

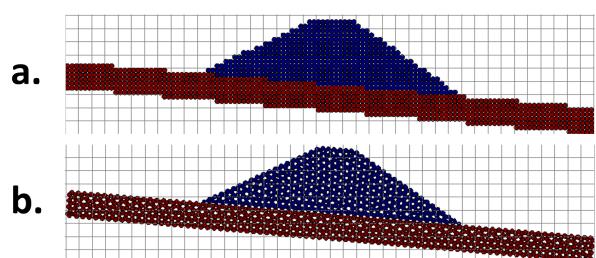


Figura 2: Comparação visual dos modelos gerados.

# Estudo e implementação do modelo visco-plástico de Herschel-Bulkley para escorregamentos submarinos

Ricardo A. Fernandes (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Em escorregamentos submarinos (ver Figura 1), a resistência não drenada pode ser drasticamente reduzida devido a efeitos de arrasto e desintegração do solo por sua interação com a água. Por outro lado, essa resistência aumenta devido a elevadas taxas de deformação que ocorrem com as altas velocidades desencadeadas. Assim, a modelagem explícita da interação água-sedimento se torna bastante complexa, e modelos alternativos, como o modelo de Herschel-Bulkley (H-B) podem ser utilizados no tratamento deste fenômeno. O modelo H-B consiste em uma lei visco-plástica capaz de descrever a variação da resistência cisalhante não drena-

nada  $s_u$  do material em uma ampla gama de taxa de deformação, permitindo um tratamento consistente do comportamento do material ao longo do processo de escorregamento.

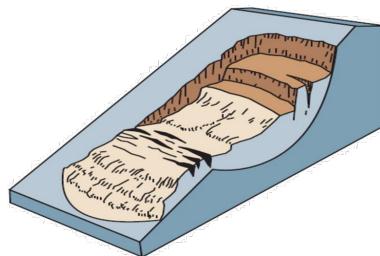


Figura 1: Degradação do solo em escorregamento.

## Metodologia

Em geral, a lei constitutiva é composta por duas parcelas: (i) uma está associada ao comportamento de *strain-softening*, relacionado à degradação do material com o nível de deformação plástica, e (ii) outra relacionada à dependência da taxa de deformação. A depender do mecanismo de corrida considerado, variações da lei constitutiva podem ser encontradas na literatura como: a omissão da parcela de *strain-softening* ou de dependência da taxa de cisalhamento, além de associações aditivas ou multiplicativas das parcelas supracitadas. Conforme outros trabalhos, o modelo visco-elasto-plástico implementado baseia-se no critério de von Mises, sendo a tensão cisalhante de escoamento adotada como  $s_u$ .

## Resultados

Para testar a implementação realizada para o modelo H-B no simulador do Método dos Pontos Materiais (MPM) em desenvolvimento pelo LCCV/UFAL (E-Sub), estudam-se casos de escorregamento submarinos presentes em Dong (2017) que contemplam mecanismos de corrida de alongamento e deslizamento. Comparam-se os resultados obtidos para o alcance do escorregimento ao longo do tempo com os de referência (ver Figura 2), e observa-se a aderência com os dados da literatura para diferentes condições de corrida. Aplicações do MPM em escorregimentos submarinos serão melhor detalhadas em outras atividades.

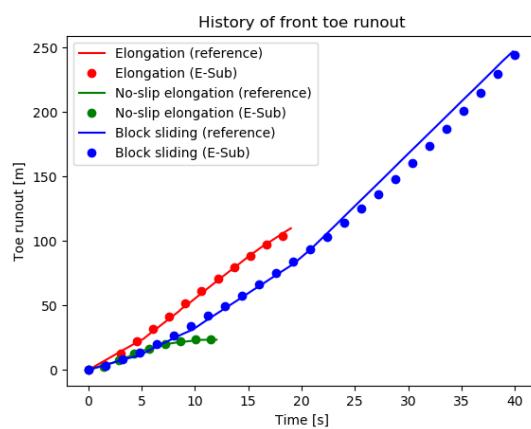


Figura 2: Teste da implementação do modelo H-B.

# Aplicações numéricas de escorregamentos submarinos utilizando o modelo visco-plástico de Herschel-Bulkley

Ricardo A. Fernandes (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Leonardo T. Ferreira, Adeildo S. Ramos Júnior, Luciana C. L. M. Vieira

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O método de Herschel-Bulkley (H-B) consiste em uma lei reológica visco-plástica amplamente utilizada na modelagem de escorregamentos submarinos. Esta lei quantifica a resistência não drenada do material em termos da taxa de deformação e do nível de deformação plástica atuantes. Após a verificação da implementação computacional, aplicações numéricas de escorregimentos submarinos também são avaliadas com o objetivo de se comparar o comportamento mecânico obtido com resultados de referência apresentados para esses escorregimentos. Quantificações como alcance, velocidade e a forma dos escorregimentos também são avaliados.

## Metodologia

Dois casos propostos por Ma (2015) são estudados. Primeiramente, verifica-se uma simulação de escorregimento com *strain-softening* (ver Figura 1) em que um bloco inicialmente trapezoidal de solo escorrega ao longo de um plano com inclinação de 2° com velocidade inicial de 1 m/s e sujeito a uma tensão cisalhante máxima de 1 kPa na interface solo-plano. Estuda-se também o comportamento mecânico de um duto sujeito a um escorregimento submarino (ver Figura 2). A massa de solo escorrega horizontalmente com velocidade inicial de 6 m/s, sem atrito na interface solo-duto. O duto foi simulado como corpo rígido, por presumir-se seu módulo de elasticidade muito maior que o do solo.

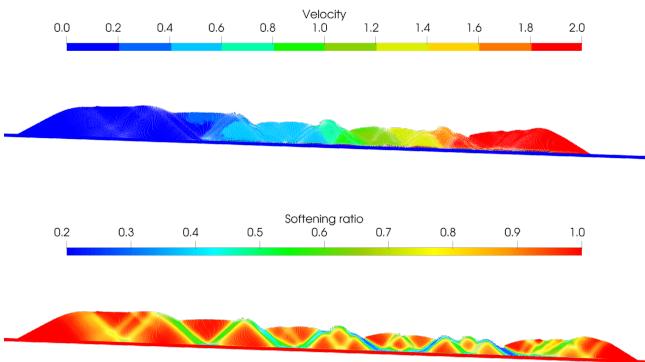


Figura 1: Campos de velocidade e enfraquecimento da resistência não drenada do solo durante o escorregamento.

## Resultados

No caso com *strain-softening* (ver Figura 1), apresenta-se o perfil de velocidade observado em um determinado instante de tempo. Neste caso, também nota-se a formação de estruturas geológicas de grabens e horsts, mostradas juntamente com o nível de enfraquecimento da resistência não drenada do material. Os resultados apresentam conformidade com a literatura. No exemplo do duto rígido submetido à ação de um escorregimento submarino (ver Figura 2), nota-se a formação de um bico durante o contato solo-duto. Qualitativamente, foi realizada uma análise de pressão de contato. No futuro, pretende-se simular este mesmo problema fazendo uma acomodação prévia do modelo, de modo a melhorar o comportamento

da simulação.

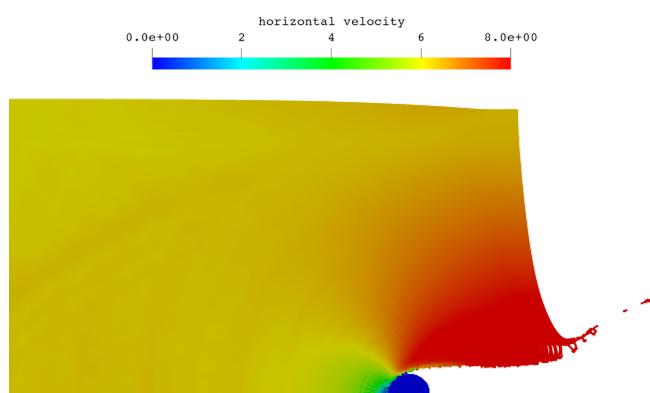


Figura 2: Escorregamento com impacto em duto rígido.

# Cálculo numérico da vazão mássica no software E-Sub

Lucas D. F. Lino (lucaslino@lccv.ufal.br)

Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Adeildo S. Ramos Júnior

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 3 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Escorregamentos submarinos são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos por extensas áreas, movimentando enorme quantidade de energia durante seu deslizamento. A vazão mássica de um escorregamento submarino fornece informações sobre a quantidade de energia envolvida no processo de deslizamento, podendo ser utilizada como indicativo de segurança de estruturas offshore (susceptíveis a danos por eventuais escorregamentos). No entanto, calcular analiticamente a vazão mássica de um escorregamento submarino se mostra uma tarefa complexa, já que estes problemas envolvem interações fluido-estrutura, não-linearidades e transições de fase. Neste trabalho, descrevemos o cálculo da vazão mássica para o método dos pontos materiais (MPM) e implementamos esse cálculo no software E-Sub, desenvolvido no LCCV.

## Metodologia

O cálculo da vazão, para cada passo de solução da simulação, é impresso em um arquivo .json , utilizando o módulo de relatórios do programa E-Sub. Este relatório imprime o valor do fluxo de massa, computando-o a partir de cada seção que foi previamente inserida no modelo (Figura 1). A cada passo de tempo, por meio de multiplicações vetoriais, calcula-se a quantidade de massa que cruza uma seção pré-definida, e, com a divisão deste valor pelo incremento de tempo, obtém-se a vazão mássica.

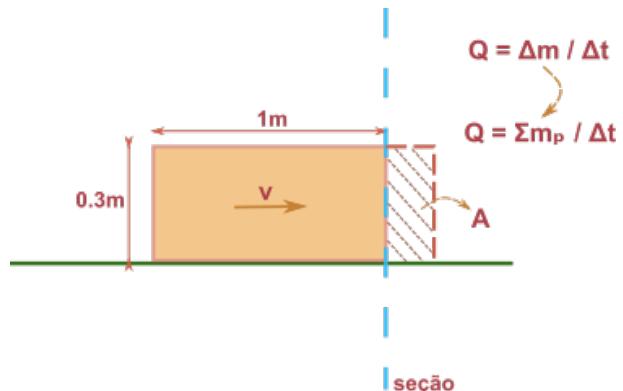


Figura 1: Metodologia para o cálculo da vazão mássica.

## Resultados

Para a validar a metodologia proposta, utilizamos um bloco retangular deslizando com uma velocidade prescrita inicial de  $4\text{m/s}$ . A altura do bloco foi de  $0.3\text{m}$ , a largura foi  $1\text{m}$  e a densidade foi  $600\text{kg/m}^3$ . Em adição, prescrevemos uma tensão cisalhante limite de  $360\text{Pa}$  ao longo da interface de contato. Os resultados foram consistentes com o cálculo analítico, de forma que o fluxo de massa deveria iniciar-se com um valor de  $720\text{kg/s}$  e, como é diretamente proporcional à velocidade, passaria a seção em  $0.27\text{s}$  com um valor de  $622.8\text{kg/s}$ , conforme observado na Figura 2.

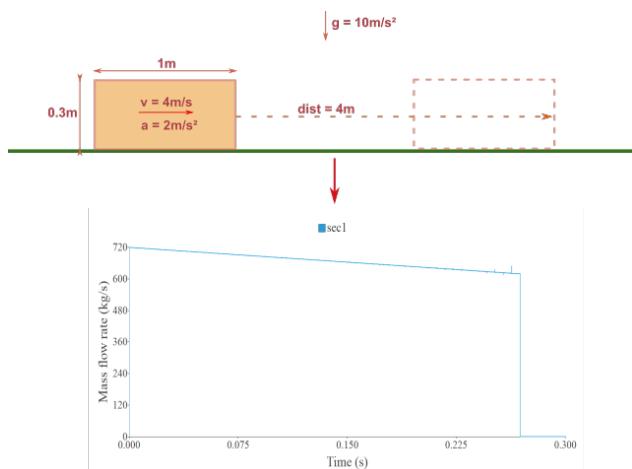


Figura 2: Modelo para validação e o resultado de sua vazão mássica.

# Simulando contato com o Método dos Pontos Materiais

**Tiago P. S. Lôbo** (tiago@lccv.ufal.br)  
Leonardo T. Ferreira, Ricardo A. Fernandes

**Projeto de P&D**  
Duração: 12 meses (Finalizado)  
Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O método dos pontos materiais (MPM) é uma técnica computacional Lagrangeana capaz de solucionar numericamente as equações de mecânica do contínuo. No MPM um conjunto de pontos materiais, que carregam todas as informações relativas ao problema, se movimentam por uma malha de fundo elementos finitos arbitrária, onde as forças são calculadas. Desta maneira, o MPM evita o problema de distorção de malha e é uma excelente alternativa para simular o problema de escorregamento submarino, por ex.. O MPM, devido a sua construção, consegue lidar com o contato na direção normal naturalmente, mas necessita de um tratamento especial para o contato na direção tangencial. Este trabalho demonstra a implementação, e validação, do contato com atrito de Coulomb e um modelo onde a tensão cisalhante limite na superfície de contato é especificada.

## Metodologia

O modelo de contato padrão implementado no MPM baseia-se na criação de uma malha de elementos finitos para cada corpo sendo simulado. O contato é identificado quando um nó, de diferentes malhas, apresenta valores nodais diferente, indicando a presença de diferentes corpos. Devido a esta metodologia, o contato no MPM possui um erro de detecção da ordem do tamanho do elemento da malha de fundo. Para diminuir este erro, três estratégias diferentes foram adotadas para: 1) a distância entre corpos é calculada baseada num mapeamento nodal de deslocamentos; 2) a distância entre corpos é calculada como a menor dis-

tância entre as partículas de corpos diferentes; 3) a distância entre os corpos é considerada como uma penalidade na força de contato.

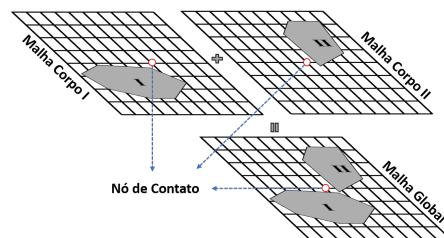


Figura 1: Ilustração do algoritmo de contato.

## Resultados

Para testar os algoritmos implementados, o modelo de contato de Coulomb e a tensão cisalhante limite máxima dois problemas foram considerados: um bloco rígido se deslocando em uma base inclinada e uma esfera se deslocando em uma base inclinada. Para o bloco somente uma tensão cisalhante limite foi especificada, e para a esfera somente o atrito de Coulomb foi especificado. Ambos os modelos de contato foram validados satisfatoriamente e as três estratégias para detecção de contato apresentam seus prós e contras, sendo sua escolha dependente do problema em questão.

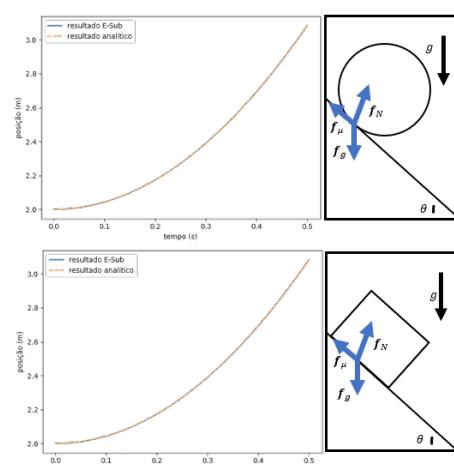


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Validação de Simulação Computacional de Sobrecarga de um Pilar por Meio do Método dos Pontos Materiais

**Paulo Victor L. Santos** (paulo.santos@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Tiago P. S. Lôbo, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Diogo T. Cintra

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O solo é um material complexo e com um grande campo de estudo. Em seu estado natural, as massas de solo podem estar sujeitas a esforços de sobrecarga gerados por diversos tipos de material, como rochas, edificações e até mesmo outras massas de solo. Assim como outros materiais, o solo tem um limite de resistência que quando ultrapassado pode provocar ruptura do mesmo. Desta forma, o estudo desse fenômeno é justificado, uma vez que a ruptura do solo pode levar a deslizamentos, que por fim podem resultar em desastres financeiros e ambientais. Este trabalho implementa, no software e-Sub, condições de contorno absorvente para o método dos pontos materiais (MPM).

## Metodologia

O método numérico utilizado para realização do experimento foi o MPM (Método dos Pontos Materiais). Esse método é bastante versátil na simulação de fenômenos que envolvem grandes deslocamentos, um dos grandes escopos da pesquisa. O exemplo de testes para a condição de contorno de tensão foi acompanhado de um *template*, permitindo que um pilar, com sobrecarga na sua face superior em direção a face inferior, seja simulado. A fig. 1 apresenta a esquematização do exemplo de validação.

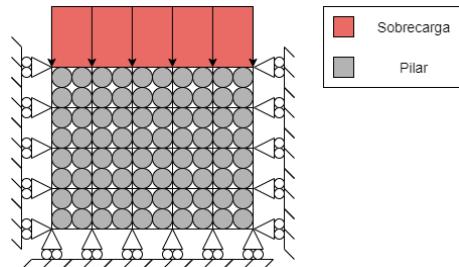


Figura 1: Ilustração do experimento numérico.

## Resultados

O exemplo descrito na seção anterior possui solução analítica, a qual a resposta obtida foi comparada. Como o MPM é um método inherentemente dinâmico, um amortecimento foi aplicado para que a solução estática fosse atingida. A tabela presente na fig. 2 compara a solução analítica com a numérica, revelando um erro de, no máximo, 0.17%. Diante deste resultado, assumimos que a metodologia proposta para aplicar condições de contorno de tensão no MPM esteja validada, podendo, as-

sim, ser utilizada pelas aplicações desenvolvidas no software e-Sub.

Tensão			Deformação		
Direção	Analítico	Numérico	Direção	Analítico	Numérico
$\sigma_{xx}$	-3200	-3194,72	$\epsilon_{xx}$	0	0
$\sigma_{yy}$	-9600	-9584,24	$\epsilon_{yy}$	-0,0053	-0,0053
$\sigma_{zz}$	-3200	-3194,74	$\epsilon_{zz}$	0	0
$\sigma_{xy}$	0	0	$\epsilon_{xy}$	0	0
$\sigma_{xz}$	0	0	$\epsilon_{xz}$	0	0
$\sigma_{yz}$	0	0	$\epsilon_{yz}$	0	0

Figura 2: Tabela de comparação entre o resultado numérico e o analítico.

# Desenvolvimento de uma biblioteca para a leitura de arquivos de simulações computacionais de larga escala no software E-sub

**João Gabriel C. S. Duarte** (joao.duarte@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Diogo T. Cintra, Adeildo S. Ramos Júnior

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Em simulações computacionais de larga escala é comum que os resultados sejam gravados em arquivos de saída, viabilizando que eles sejam tratados posteriormente.

Quando executadas em regime serial, as simulações geram um arquivo de saída e os softwares de visualização do LCCV estão preparados para esse tipo de abordagem.

Entretanto, devido aos altos custos computacionais, bibliotecas de Computação Paralela são utilizadas para possibilitar o uso de múltiplos processadores e reduzir o tempo de execução dessas simulações. Em simulações que utilizam Sistemas de Memória Distribuída, cada processador da aplicação cria um arquivo de saída, contendo os seus respectivos dados. Para essa abordagem, desenvolveu-se, para o software E-sub, uma biblioteca de leitura de arquivos do tipo XDMF gerados por simulações paralelas.

## Metodologia

O software E-sub realiza a leitura de passos de simulação no arquivo XDMF Indexador Geral e busca por referências aos demais arquivos de saída da simulação. Ao encontrá-las, o software realiza a leitura dos passos referenciados nesses arquivos XDMF encontrados, que contém os dados referentes à simulação. Posteriormente, busca, nesses arquivos secundários, por referências a arquivos binários que contêm os dados computacionais das informações de visualização. Quando finalizada a leitura do primeiro passo, o software repete o mesmo procedimento supracitado, de maneira recursiva. A leitura é encerrada quando o arquivo Indexador Geral é lido completamente. A Figura 1 mostra o diagrama de leitura de arquivos para a criação da visualização dos dados da simulação.

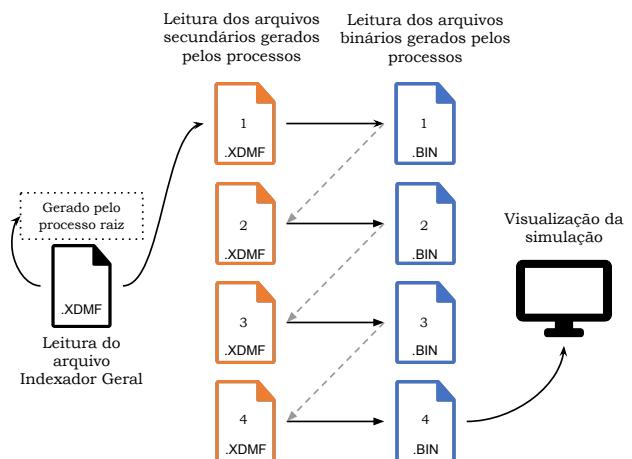


Figura 1: Diagrama de leitura dos arquivos de saída.

## Resultados

Com a finalização da leitura dos arquivos, foi possível constatar que a biblioteca desenvolvida cria uma visualização igual a que se tinha na execução serial da simulação. Dessa forma, a nova versão do software E-sub detém a funcionalidade de leitura de arquivos de saída criados por ambientes paralelizados.

# Uma nova metodologia para a impressão de arquivos em Sistema de Memória Distribuída

João Gabriel C. S. Duarte (joao.duarte@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Diogo T. Cintra, Adeildo S. Ramos Júnior

Projeto de P&D, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Em simulações computacionais de problemas de larga escala, a impressão de arquivos de saída auxilia na validação dos dados e das grandezas de interesse. Devido ao custo computacional dessas aplicações, adotam-se bibliotecas de Computação Paralela que possibilitam a utilização de múltiplos processadores para diminuir o tempo necessário para concluir uma simulação. O software E-sub utiliza o Sistema de Memória Distribuída, e portanto, foi necessário desenvolver uma nova metodologia para escrever os arquivos de saída auxiliares, pois a versão anterior do software possuía dois problemas no momento da impressão dos arquivos auxiliares: Corrida de Dados e a ordem das informações impressas estava incorreta.

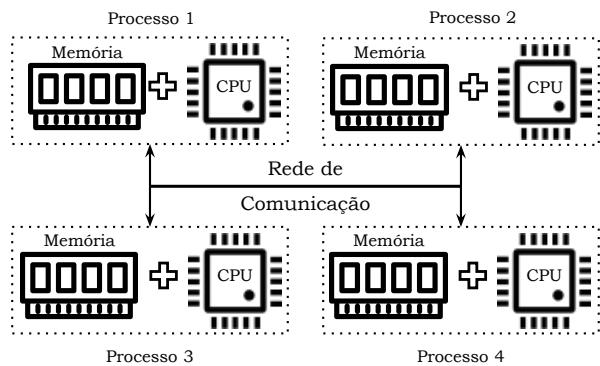


Figura 1: Diagrama de um Sistema de Memória Distribuída com 4 unidades de processamento.

## Metodologia

O software E-sub detém variáveis que definem qual grandeza será impressa. Devido a arquitetura de memória adotada, algumas variáveis possuem valores diferentes entre os diferentes processadores da aplicação, por estar sendo executado em um ambiente paralelo. Portanto, no momento da impressão do arquivo de saída auxiliar, adotou-se que as variáveis que possuem os mesmos valores para todos os processos sejam impressas pelo processo raiz, enquanto as variáveis paralelas sejam impressas uma por vez. Quando um processador finaliza a impressão da variável em questão, o ponteiro que indica onde o cursor de escrita do arquivo está é comunicado entre os demais processos e a impressão continua, passando para o próximo processo, que repete o mesmo procedimento de seu antecessor.

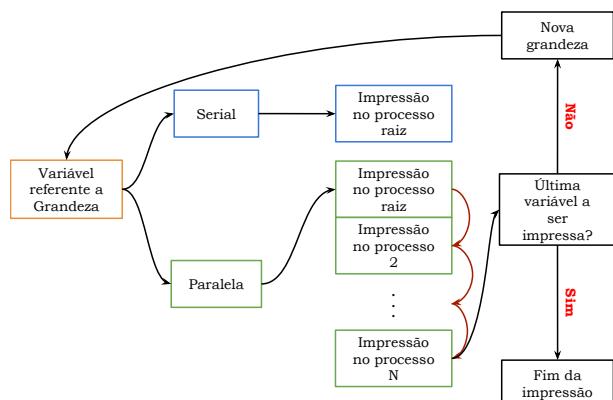


Figura 2: Fluxograma do algoritmo de serialização de escrita de arquivos, considerando N processos utilizados.

## Resultados

Ao final da implementação do novo método de impressão, a escrita de informações no arquivo de saída auxiliar de simulações computacionais passou a ser feita na ordem desejada e não houveram mais corridas de dados. Dessa forma, a nova metodologia foi incrementada ao software E-sub.

# Estudo paramétrico de escorregamentos submarinos utilizando o MPM

**Lucas D. F. Lino** (lucaslino@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Tiago P. S. Lôbo, Luciana C. L. M. Vieira

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O estudo dos escorregamentos submarinos é essencial para a sociedade e para indústria pois são capazes de causar tanto fatalidades humanas quanto danos materiais. Escorregamentos são responsáveis pelo transporte de grandes volumes de sedimentos, podendo causar sérios danos às estruturas em seu caminho. Deslocando grandes volumes de massa e podendo ter alcance na ordem de km de distância, escorregamentos submarinos são fenômenos complexos e de difícil análise. Neste sentido, a definição de grandezas de interesse que possam caracterizar o deslizamento é fundamental. A vazão mássica é uma grandeza importante que fornece informações sobre a quantidade de energia envolvida no processo de deslizamento, bem como produz uma métrica que pode ser utilizada para salvaguardar as estruturas submarinas. Deste modo, este trabalho analisa a influência de diversos parâmetros geométricos e geológicos no deslocamento final e no fluxo de massa de escorregamentos submarinos.

## Metodologia

O modelo utilizado nas simulações está representado na Figura 1. A análise paramétrica foi feita para os parâmetros: inclinação do fundo do mar ( $\theta$ , variando de  $2^\circ$  até  $5^\circ$  com incrementos de  $1^\circ$ ) e o módulo de Young do solo ( $E$ , variando de 125 kPa até 625 kPa, com incrementos de 125 kPa). Ademais, o tamanho do elemento da malha foi de 1m, fornecendo aproximadamente 9100 partículas

e foi utilizado um modelo elástico-plástico com superfície de escoamento de Von Mises.

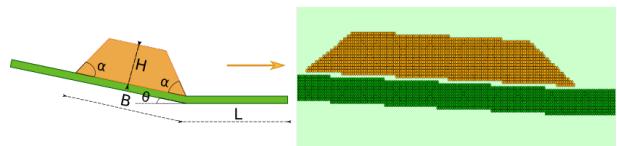


Figura 1: Modelo do escorregamento submarino.

## Resultados

A análise paramétrica revelou que a inclinação da base do solo possui uma grande influência no deslocamento e na vazão mássica do escorregamento submarino (fig. 2), enquanto a variação do módulo de elasticidade não alterou significativamente nenhuma das variáveis sendo analisadas. Ao aumentar a inclinação do fundo do mar, aumenta-se a energia cinética do sistema, o que explica a sensibilidade do escorregamento a esta variável.

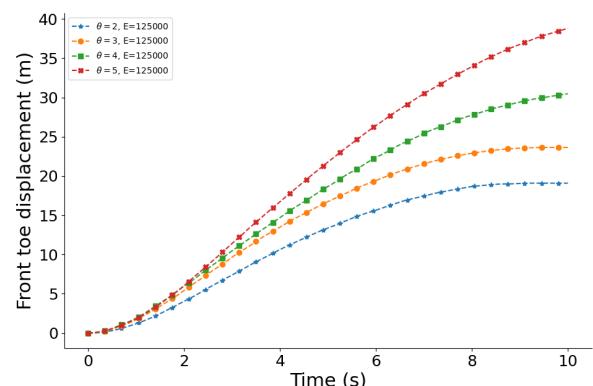


Figura 2: Deslocamento da partícula frontal.

# Desenvolvimento de uma abordagem reduzida da técnica RCB aplicada ao Método dos Pontos Materiais

João Gabriel C. S. Duarte (joao.duarte@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Adeildo S. Ramos Júnior

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Com o avanço da tecnologia computacional, foi possível realizar simulações numéricas mais complexas e precisas de grandes problemas de engenharia. Fazendo uso de métodos numéricos sofisticados e ferramentas computacionais de alta performance, resultados mais acurados foram coletados. Nesse sentido, para simular problemas de escorregamentos submarinos, o Método dos Pontos Materiais (MPM) mostra-se efetivo. Devido a grande carga computacional exigida pelo MPM, rotinas de Computação Paralela são necessárias para aumentar a velocidade de resolução desses problemas.

## Metodologia

A técnica RCB possibilita a criação de subdomínios (*processos ou ranks*) em uma simulação, criando um Ambiente Paralelo, seccionando recursivamente o domínio original. Os subdomínios criados devem ter o seu Balanço de Carga próximo ao ideal para que a performance computacional não seja comprometida. Com a finalização do particionamento, o processo raiz envia as coordenadas de corte para os demais processos. A comunicação entre os subdomínios é estabelecida por meio da biblioteca Message Passing Interface (MPI), em um sistema de Memória Distribuída. A comunicação de pontos materiais entre os *ranks* demanda tempo de computação, o que pode desacelerar a simulação. Para reduzir o tempo de comunicação e dessa forma aumentar o *Speedup*, uma abordagem reduzida da técnica RCB foi proposta neste trabalho. Inicialmente, cada processo cria uma malha de fundo e calcula o desvio padrão e o centroide do

conjunto de partículas que estão inseridas nas células dessa malha. Essas informações estatísticas são enviadas para o processo zero, que por sua vez, gera partículas de maneira pseudoaleatória para formar um domínio estatístico e então o particionamento ocorre sobre esse domínio recém gerado.

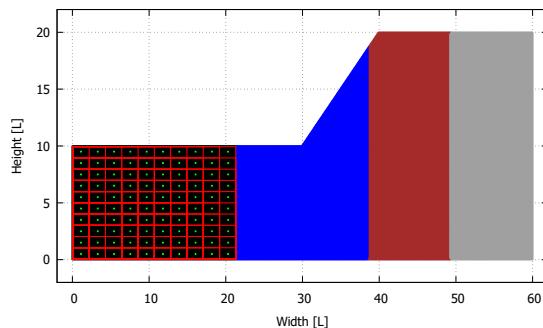


Figura 1: A figura mostra os subdomínios da simulação, a malha de suporte e os centroides de suas respectivas células.

## Resultados

Com os resultados coletados, foi possível verificar que a abordagem reduzida proporciona um aumento do *Speedup*, apesar do Balanço de Carga ser pior, se comparado ao da técnica original. Isso acontece devido ao erro intrínseco de geração pseudoaleatória de partículas. A Figura 1 mostra os Desbalanços de Carga, destrinchados pela discretização da malha de fundo e utilizando 12,5% das partículas do domínio original.

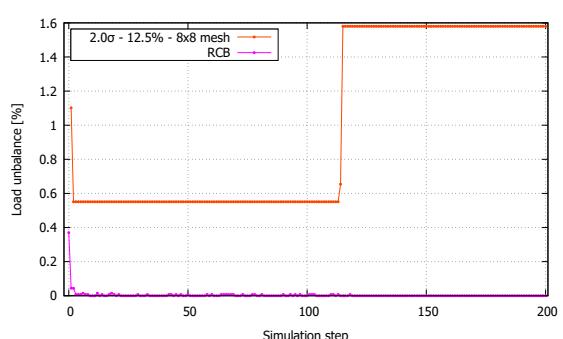


Figura 2: Resultados de Desbalanço de Carga das aplicações.

# Implementação de técnica de ressemeamento de partículas para o MPM

**Lucas D. F. Lino** (lucaslino@lccv.ufal.br)

Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Adeildo S. Ramos Júnior

**Atividade de P&D**, Engenharia civil

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O método dos pontos materiais (MPM) resolve a equação da conservação do momento para corpos contínuos, e sua formulação é similar com o método dos elementos finitos (MEF). Em seu procedimento de solução, o MPM discretiza todo o domínio do problema em elementos finitos, onde as equações de movimento serão solucionadas. Além disso, o domínio material é discretizado em um conjunto de partículas, chamadas pontos materiais, que se movem através da malha de elementos finitos, carregando todas as informações necessárias com elas (massa, momento, energia, tensão e deformação), de modo que suas posições são atualizadas, evitando possíveis problemas de distorção causados pela malha de elementos finitos. Ainda assim, compressões ou tensões excessivas do campo cinemático tendem a causar emaranhamento nas partículas da configuração inicial, gerando espaços artificiais ou agregações que levam à perda da continuidade do campo de tensão e do gradiente de deformação das partículas, deteriorando a precisão e estabilidade computacional. Neste contexto, este estudo aplica uma técnica para ressemear as partículas durante o processo de simulação..

## Metodologia

A operação de ressemeamento é realizada nos elementos, dependendo do número de partículas acomodadas em seu interior e das deformações acumuladas em cada partícula do seu interior. Quando detectado, as partículas do elemento são excluídas e novas partículas são criadas: as variáveis de estado das partículas ressemeadas são recuperadas das partículas antigas de forma que estejam dentro de um raio de  $0.75*h$  com origem na posição da nova partícula (fig. 1,  $h$  é o tamanho do elemento finito).

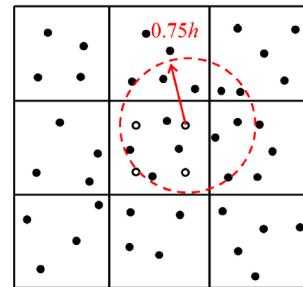


Figura 1: Recuperação das variáveis de estado das partículas adjacentes.

## Resultados

A técnica proposta foi testada para o problema de vibração de um pilar sob ação do seu peso próprio. A técnica implementada geriu com sucesso a exclusão e criação de novas partículas. No entanto, o ressemeamento induziu perda de energia mecânica (fig. 2), sendo causada durante o processo de recuperação das variáveis de estado das partículas antigas para as novas. Reforça-se que este trata-se de um estudo inicial e que técnicas mais robustas de recuperação das variáveis e amostragem de partículas estão sendo estudadas para futuras implementações.

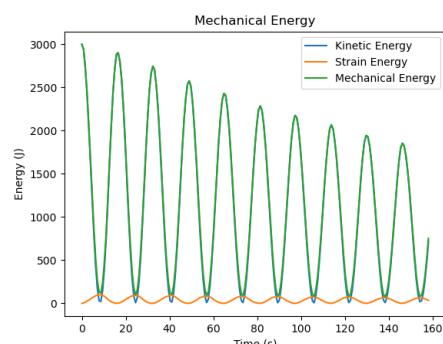


Figura 2: Energia mecânica do pilar.

# Análise numérica de penetração de cilindro (T-bar) para quantificação da resistência não drenada de solos moles

Ricardo A. Fernandes (ricardoaf@lccv.ufal.br)

Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Adeildo S. Ramos Júnior, Luciana C. L. M. Vieira

## Atividade de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Para a caracterização do material envolvido em escorregamentos submarinos, é necessário se quantificar propriedades mecânicas do solo. Neste tipo de problema, a resistência não drenada do solo é de fundamental importância para o desenvolvimento do escorregamento e influencia diretamente na velocidade, alcance e altura da massa em movimento. O ensaio de penetração de cilindro T-bar é amplamente utilizado em ensaios experimentais ou *in situ* para a determinação da resistência não drenada de solos moles. Esta atividade propõe a caracterização numérica deste ensaio com o intuito de verificação da implementação computacional do Método dos Pontos Materiais (MPM) com resultados numéricos do ensaio apresentados na literatura.

## Metodologia

Primeiramente, utiliza-se como base o artigo de Randolph & Anderson (2006) para verificação de análises quase-estáticas apresentadas utilizando o software ABAQUS (ver Figura 1) e considerando a tensão cisalhante de escoamento de Tresca como a resistência cisalhante não drenada do solo. As forças resultantes na direção de movimentação do cilindro foram medidas e verificadas para diversos valores de rugosidade do solo. Em seguida, utilizou-se a equivalência entre as tensões cisalhante de escoamento de Tresca e uniaxial de von Mises para caracterização do modelo plástico in-

corporado ao simulador MPM desenvolvido.

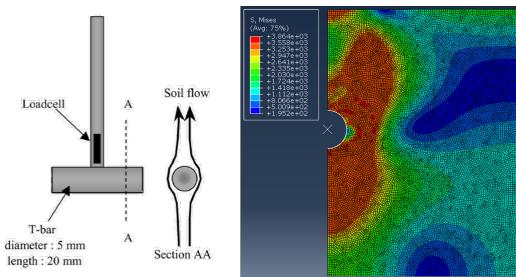


Figura 1: Verificação numérica do ensaio de penetração de cilindro usando o software ABAQUS.

## Resultados

Para verificação do ensaio numérico de penetração da T-bar com o MPM, utilizou-se por base o trabalho de Ma (2015). O problema em questão tem solução analítica na forma de uma análise limite. Numa situação ideal, em que não há atrito na interface entre o solo e a T-bar, esse valor limite é dado por  $\pi + 6$  e pode ser encontrado na curva de resistência × penetração normalizadas, conforme mostra a Figura 2. Nela, nota-se boa aderência dos resultados do e-Sub à análise limite, mesmo com uma discretização de baixa resolução.

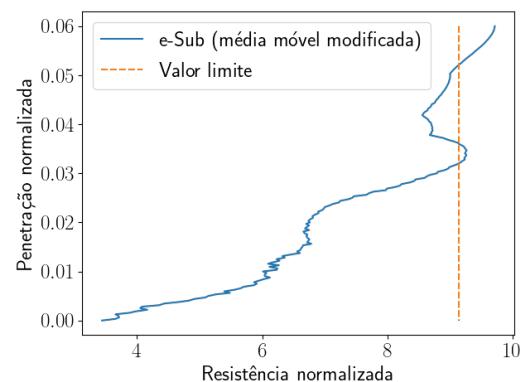


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Implantação da metodologia Ágil(Scrum) no processo de Transformação e Inovação Digital no desenvolvimento dos Portais NavalWeb e SubWeb

Marcelo A. Bastos (marcelo.acioli@lccv.ufal.br)

## Atividades de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A metodologia Ágil vem sendo mais utilizada nas organizações para fazer o gerenciamento de alguns tipos de projetos, especialmente aqueles voltados a transformação digital que necessita entregar valor ao cliente de forma otimizada, transparente e colaborativa. Com essa metodologia é possível otimizar os projetos, eliminando lacunas e potencializando entregas, de modo a trazer maior satisfação e retorno ao cliente em pouco tempo.



Figura 1: Ciclo Agile.

## Metodologia

Para entendermos o Ágil uso a metáfora para definição. Imaginariamo um Quater Back de um time da NFL que tem como objetivo levar o time a cruzar todo o campo até atingir seu principal objetivo que é a Bola cruzar a linha e chegar na End Zone. Durante a trajetória o time tem várias pequenas etapas de 10 jardas e completar a primeira decida. A Cada meta alcançada, uma nova meta de 10 jardas é estabelecida até o plano final.(ver Figura 2) Para isso o QB e o seu time enfrentarão vários desafios tendo que se adaptar a cada formação da defesa adversária e criar sempre novas jogadas para ultrapassar suas dificuldades. O Ágil é uma metodologia de desenvolvimento de projeto

visando entregar valor de acordo com as prioridades do cliente. Todas as Entregas são incrementais e os times interdisciplinares trabalhando de forma auto organizada para atingir uma meta estabelecida a cada fase – que chamamos de Sprint até a entrega da release.

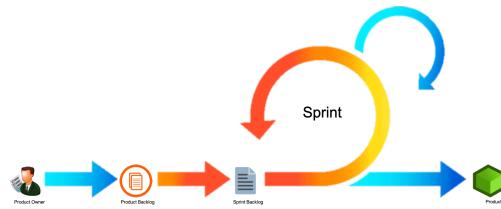


Figura 2: Iterações Scrum.

## Resultados

Com a implantação do Framework Ágil(Scrum), introduzimos no processo as principais Time Boxes do Scrum – Daily Meeting, Sprint Planning, Sprint Review, Sprint Retrospective e criação de um Backlog priorizado junto com o cliente. Com esta organização tivemos um substancial ganho de performance conseguindo realizar as entregas e mesmo com a diminuição do time alcançamos uma melhor produtividade, velocidade e assertividade.

# Banco de Acessórios - Gerenciamento de Dados Básicos de Acessórios de Dutos Flexíveis

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Alvaro A. Albuquerque, Lucas B. A. Barros, Diogo T. Cintra, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 1 ano e 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Portal SubWeb é um portal de aplicações e dados destinados a Engenharia Submarina da Petrobras e a aplicação Banco de Acessórios é uma de suas aplicações. Acessórios são estruturas interconectadas em um duto que realizam funções específicas. Para dutos flexíveis, são divididos basicamente em três tipos: enrijecedores, conectores e flutuadores. Nessa etapa de aplicação, foi desenvolvido apenas o módulo de Enrijecedores. Trata-se, portanto, de uma aplicação Web que disponi-

biliza, gerencia e realiza a curadoria dos dados de acessórios de dutos flexíveis, sem a necessidade de acesso as pastas locais, de forma a garantir a rastreabilidade dos dados fornecidos pelo fabricante.



Figura 1: Logo da aplicação Banco de Acessórios.

## Metodologia

A aplicação está sendo desenvolvida diante de três premissas que reduz o tempo destinado a busca aos dados de acessórios: (i) uma visualização rápida e estruturada dos dados, de forma que a visualização via interface seja a mais amigável possível para o usuário; (ii) um rito de aprovação que permita que os dados sejam analisados antes de serem disponibilizados; e (iii) que existam responsabilidades claras dentro da aplicação, com clientes possuindo papéis de cadastro e outros com permissões também de aprovação. A aplicação também disponibiliza a capacidade de receber arquivos de referência, de modo que o usuário aprovador possa conferir se os dados informados estão de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante. No *front-end* foi utilizado a arquitetura *redux* como forma de gerenciamento de estado, com auxílio da biblioteca

Redux Sauce. O design foi baseado na biblioteca de UI Ant Design. No *back-end* foi utilizado como *query builder* o Knex, que permitiu a utilização do banco de dados Oracle, assim, os dados de Acessórios tornou-se parte da base integrada pertencente a Engenharia Submarina da Petrobras.



Figura 2: Visualização dos dados estruturados.

## Resultados

A criação da aplicação Web vem tornando possível a comunicação de diversas aplicações com os dados de acessórios. A possibilidade de se ter os dados provenientes de mais de 3.000 arquivos em PDF de forma estruturada e íntegra é o que torna a aplicação extremamente importante para a integração de dados na Petrobras. Outras aplicações, inclusive com desenvolvimento externo, já estudam sua API e utilizam do ecossistema NavalSubWeb para o consumo dessas informações. Frentes de trabalho junto ao fabricante para que ele popule o banco diretamente também já foram iniciadas na companhia.

# Boca de Sino - Análise Estrutural de Boca de Sino

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Lucas B. A. Barros, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Portal SubWeb é um portal de aplicações e dados destinados a Engenharia Submarina da Petrobras e a aplicação Boca de Sino é uma de suas aplicações. Trata-se de uma aplicação Web que tem por objetivo analisar estruturalmente uma Boca de Sino (interface riser-casco). A medida em que as forças são aplicadas em um duto flexível, surgem esforços solicitantes no enrijecedor e por consequência, na boca de sino. Cabe então, a esta análise entender a integridade do equipamento sob

a ação desses esforços.



Figura 1: Logo da aplicação Boca de Sino.

## Metodologia

A aplicação reúne cinco módulos, sendo dois deles para usuários comuns, e três específicos para usuários administradores da aplicação. Os módulos para usuários comuns são destinados a realização, compartilhamento e persistência das análises envolvendo uma boca de sino específica e os esforços sobre a mesma. Já os módulos para administradores tem como objetivo inserir uma boca de sino no sistema e cadastrar uma envoltória, disponibilizando para futuras análises. Além disso, a aplicação conta com um sistema de perfis que é gerenciado por seus administradores. Para que fosse possível o consumo de dados corporativos da Petrobras, a aplicação foi integrada com o Banco de Acessórios, permitindo assim, a realização da análise apenas selecionando um acessório de duto flexível. No *front-end* foi utilizado a arquitetura *redux* como forma de gerenciamento de estado, com auxílio da biblioteca Redux Sauce. O design

foi baseado na biblioteca de UI Ant Design. No *back-end* foi utilizado como ORM a biblioteca Sequelize, que permitiu a integração com o banco de dados PostgreSQL. Os dados das bocas de sinos são persistidos em Banco Oracle, utilizou-se o Knex como *query builder* e hoje faz parte da base integrada pertencente a Engenharia Submarina da Petrobras.

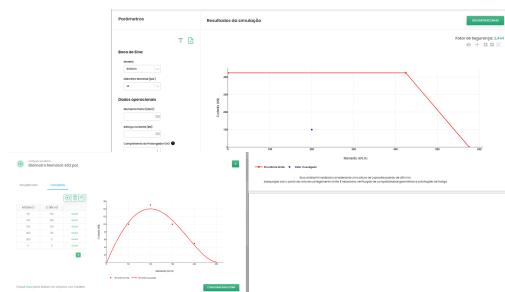


Figura 2: Telas da aplicação.

## Resultados

A realização dessa atividade na Web e a persistência dos seus resultados foram disponibilizados para a equipe de Gestão de Integridade de Equipamentos pela aplicação Boca de Sino. Além disso, os dados básicos das bocas de sino gerados por essa ferramenta foi disponibilizado por uma API REST, sendo integrados em outras aplicações, como o Banco de Acessórios, por exemplo. Essa integração tornou possível uma redução de tempo destinado a essa atividade em função da redução na busca por dados necessários para a realização da análise, além de ganhar uma maior segurança por usar dados advindos de folha de dados fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos.

# Envelopes de Qualificação - Gerenciamento de Dados Básicos de Qualificação de Materiais de Dutos Flexíveis

**Lucas B. A. Barros** (lucas.buarque@lccv.ufal.br)

Kim R. Gama, Alvaro A. Albuquerque, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 4 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Portal SubWeb é um portal de aplicações e dados destinados a Engenharia Submarina da Petrobras e a aplicação Envelopes de Qualificação é uma de suas aplicações. Por meio dessa aplicação, é possível armazenar informações de envelopes de qualificação de materiais associados as camadas carcaça, barreira de pressão e armadura de uma estrutura de dutos flexíveis. Além disso, ela conta com um repositório de equações de degradação polimérica para a camada de barreira de pressão, permitindo com que, em função de um pH e das tem-

peraturas no meio operacional, seja possível prever a vida útil remanescente do material.

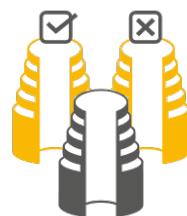


Figura 1: Logo da aplicação Envelopes de Qualificação.

## Metodologia

A aplicação foi desenvolvida levando em conta três módulos principais: (i) o módulo de gerenciamento e visualização dos envelopes de qualificação (carcaça, barreira de pressão e armadura), (ii) o módulo de acompanhamento dos cadastros de um determinado envelope de um usuário, permitindo que cada usuário da aplicação verifique se seus cadastros foram aprovados; e (iii) o módulo de aprovação de cadastros, onde se trata da área destinada para os usuários com perfil de aprovador e administrador aprovarem determinado envelope pendente. Na aplicação, cada usuário possui um perfil específico: perfil comum, cadastrador, aprovador ou administrador. O usuário comum só pode visualizar os dados de envelopes. Já o cadastrador, poderá cadastrar novos envelopes, os quais poderão ser aprovados ou não por aprovadores. O administrador possui controle total no sistema. No *front-end*

foi utilizado a arquitetura *redux* como forma de gerenciamento de estado, com auxílio da biblioteca Redux Sauce. O design foi baseado na biblioteca de UI Ant Design. No *back-end* foi utilizado como *query builder* a biblioteca Knex, que permitiu a criação de funções genéricas de comunicação com o banco de dados Oracle.

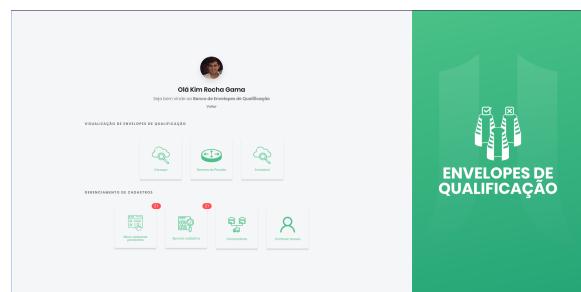


Figura 2: Tela da aplicação.

## Resultados

Portanto, esta aplicação criou a possibilidade de integração dos dados de envelopes juntamente com o rito de aprovação. Desta forma, os usuários poderão utilizá-la respeitando o controle de acesso em relação à cada área disponível para o seu perfil, promovendo uma alta curadoria de dados. Esses dados podem ser usados na fase de projeto como forma de validar a viabilidade funcional em condição futura de operação e foram disponibilizados via API REST.

# Wiki do Projeto NavalSubWeb e Canal de Comunicação

**Luana L. Menezes** (luanamenezes@lccv.ufal.br)

Manuela O. L. Lôbo, Marcelo A. Bastos, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Projeto NavalSubWeb, que está sendo desenvolvido em parceria com a Petrobras, trata de transformação digital e integração de dados. Sabemos que durante o desenvolvimento de um projeto são coletadas documentações para estudos e são geradas informações com resultados, análises e documentações dos trabalhos realizados. A soma deste conjunto de informações, geram um histórico do projeto e uma base de informações sobre boas práticas, lições aprendidas, processos, governança, identidade visual, comunicação etc. Nesse contexto, se faz necessário a estruturação desse conjunto de conhecimento de forma atualizada, de

fácil acesso e de amplo alcance a quem possa interessar o projeto.

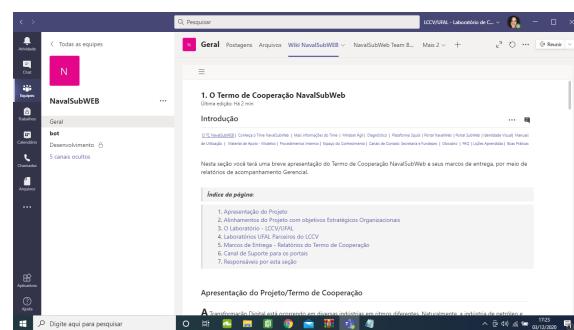


Figura 1: Wiki construída no Teams.

## Metodologia

A construção das páginas de comunicação, wiki e a gestão de documentação do Projeto serão feitas da seguinte forma: (i) aprofundamento do conhecimento na Plataforma SharePoint; (ii) mapeamento e estruturação das informações nas páginas, pastas e wiki; (iii) definição de papéis, responsabilidades e permissões; (iv) construção de um protótipo das páginas e validação com as partes interessadas; (v) criação das páginas e organização dos conteúdos nas páginas, pastas e wiki; e (vi) treinamento para conhecimento do site de comunicação e como utilizá-lo de acordo com cada papel no projeto.

## Resultados

Como solução para as questões mencionadas anteriormente, no final de 2019 teve início a construção de uma wiki na plataforma Wiki.js, utilizando a linguagem Markdown. No início de 2020 este conteúdo foi migrado para a wiki do Microsoft Teams e foi ampliado. Hoje vislumbramos a oportunidade, com a possibilidade de utilização da plataforma Microsoft SharePoint, de termos uma página de site para comunicação do projeto com todas as partes interessadas, somada a wiki e a gestão de documentação.

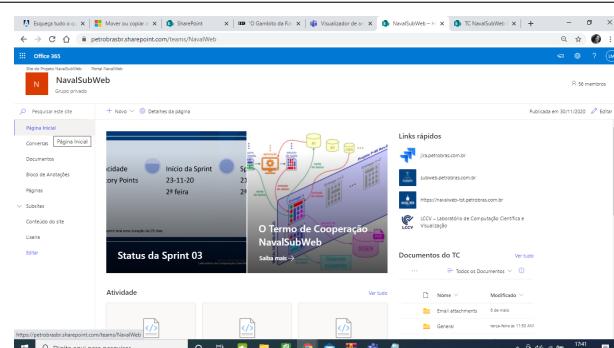


Figura 2: Versão experimental da página do projeto no SharePoint da Petrobras.

# Sistemas Navais - Aplicação do portal NavalWeb

Bruno R. P. Melo (bruno.melo@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Guilherme V. M. Amaral, João Fyllipy L. Nunes, Marcelo A. Bastos, Márcio M. Ribeiro, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A aplicação de Sistemas Navais implementa funcionalidades para apoiar a análise de perda de carga de diferentes sistemas que compõe as instalações. Essa aplicação foca em projetos de transporte de fluidos entre diferentes sistemas e envolve equipamentos como dutos, bombas e válvulas. Um dos problemas enfrentados pelos engenheiros consiste em estudar o projeto de sistemas navais em desenhos lógicos e após isso portá-los para ferramentas que executam cálculos de perda de carga. Essa tarefa é manual, suscetível a erros e bastante custosa, pois requer do engenheiro a execução de buscas pelos dados em variados sistemas e bancos de dados (e.g., *SPPID*, *S3D*, *COOPERA* etc.).

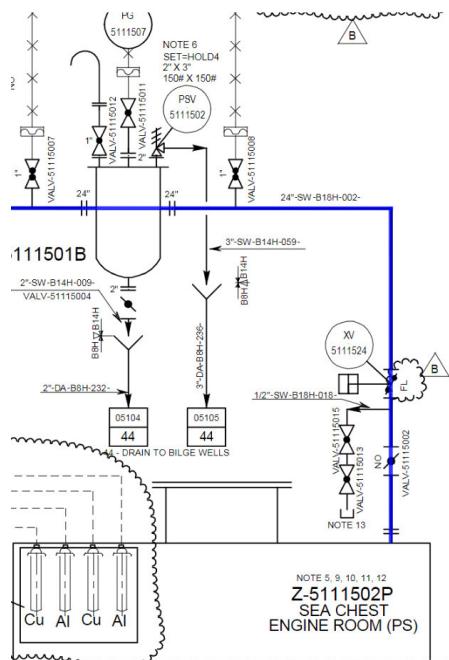


Figura 1: Parte de um desenho de um sistema naval.

## Metodologia

O back-end da aplicação foi desenvolvido com a linguagem de programação Java 11 e utilizando o framework *Spring Boot*. Utiliza um banco de dados *PostgreSQL* próprio e também se comunica com bancos de dados Oracle de terceiros que estão no ambiente Petrobras (Portal DRSPEC e *SPPID*). O front-end foi feito com a biblioteca *React* que foi utilizada para a construção da interface e renderização dos componentes. Os principais componentes utilizados foram o *React-router* e *Apollo* para gerenciamento de estado e fluxo de dados; *Axios* para requisições HTTP; *Styled components* para estilo (CSS em JS); *Formik* para gerenciamento de formulários; *Yup* para validações; e *Ant Design* como biblioteca UI.

## Resultados

A aplicação exporta arquivos para que os engenheiros façam a análise de perda de carga no programa *PIPENET* e também dispõe de um gerador de relatórios que consolida diversas informações coletadas na própria aplicação.

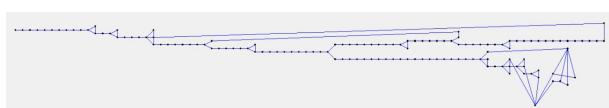


Figura 2: Exemplo de sistema naval gerado automaticamente e exportado para o PIPENET.

# Sistemas Navais - Aplicação de Grafos

Guilherme V. M. Amaral (guilherme.amaral@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Bruno R. P. Melo, João Fyllipy L. Nunes, Marcelo A. Bastos, Márcio M. Ribeiro, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A aplicação de Grafos é um dos módulos que compõem a aplicação de Sistemas Navais. Essa aplicação é focada única e exclusivamente em gerar uma malha resultante das conexões das várias instalações que fazem parte de um sistema naval, que, em seguida, será exportado para um arquivo *.xml* e exportado para o programa *PIPENET*. A aplicação implementa um algoritmo de grafos com otimizações, desenvolvido pela equipe do LCCV. As malhas podem se tornar complexas redes de conexões entre os diversos componentes de um sistema naval, uma vez que, existem cerca de 125 mil instalações únicas presentes em todos os sistemas navais e cerca de 250 mil conexões entre as demais instalações. Essa tarefa, quando realizada por engenheiros, é manual, o que levaria um tempo de execução imenso para finalização das tarefas, além da susceptibilidade de erros altíssima, considerando os números citados anteriormente.

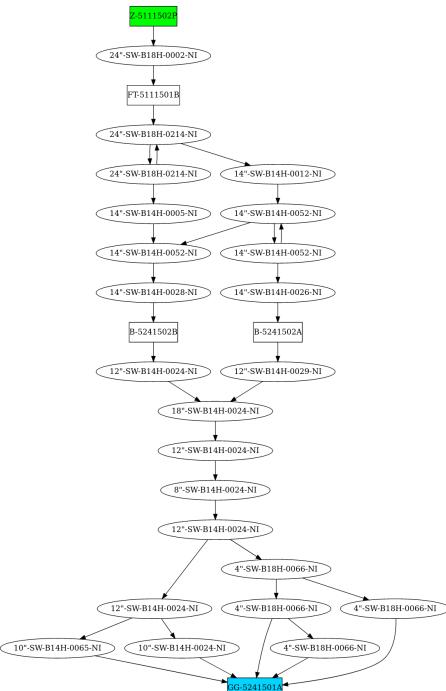


Figura 1: Parte de uma malha construída pelo algoritmo.

## Metodologia

A aplicação foi desenvolvida com a linguagem de programação Java 11 e utiliza a biblioteca *JGraphT*. Os sistemas navais são mapeados a partir de um arquivo de texto que contém uma representação de todos os equipamentos e dutos de uma instalação. A partir dessa entrada, a aplicação gera um grafo completo da instalação. O próximo passo do algoritmo é encontrar quais são as partes que compõem um determinado sistema naval e suas respectivas conexões. Uma vez tendo todos os dados necessários, a aplicação agrupa todas as informações em um arquivo no formato *.xml* que posteriormente é exportado para ser utilizado no programa *PIPENET*.

## Resultados

Uma vez com o arquivo de entrada do *PIPENET*, a aplicação de grafos retorna o conteúdo que irá compor esse arquivo para a aplicação de Sistemas Navais. Nesse arquivo, além de todas as conexões que compõem a malha, também são escritos dados relativos a essas conexões específicas, como por exemplo, os componentes que estão entre duas instalações, tamanho das conexões, dentre outros. Com o arquivo exportado para a aplicação de Sistemas Navais, o arquivo é retornado para o usuário, onde os engenheiros farão análises no programa *PIPENET*.

# Implementação de Um Serviço de Requisição de Dados Relacionais e Remotos de Listas de Elementos de Engenharia Naval

**João Fyllipy L. Nunes** (fyllipy@lccv.ufal.br)

Guilherme V. M. Amaral, Bruno R. P. Melo, Daniel B. F. Silva, Marcelo A. Bastos, Márcio M. Ribeiro, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

**Projeto de P&D**, Engenharia civil

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Diante do fluxo constante de materiais, suas propriedades e relações com padrões adotados pela indústria, torna-se imprescindível o tratamento computacional dos dados. Pensando nisso, este trabalho apresenta um resumo da criação de um serviço de busca e relação de dados (API) com filtros, utilizando Node.js como servidor backend e GraphQL para a implementação de requisições relacionais (em forma de grafos), sendo alimentada por uma base de dados Oracle. A relação se faz entre a requisição do usuário por um elemento específico e a API fornece a propriedade solicitada pelo usuário ao relacionar com uma tabela de padrão industrial (ASME) (ver Figura 1).

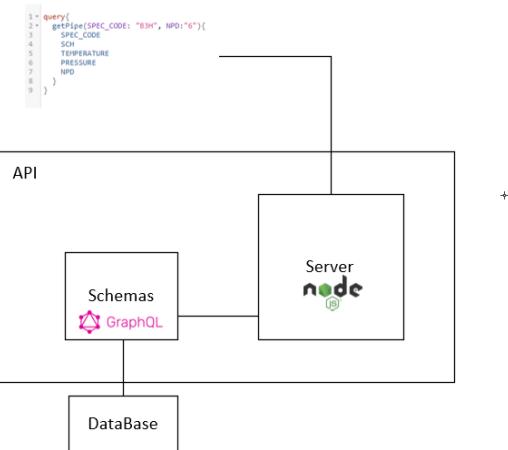


Figura 1: Esquema do Serviço.

## Metodologia

O serviço requisitado pela Petrobras consiste numa API que retornasse dados de tubulações em relação a tabelas de padronização (ASME). Para tal, foi criado um backend em Node.js e utilizado a arquitetura GraphQL. O diferencial ao utilizar esta arquitetura foi a possibilidade de realizar consultas no banco de dados utilizando apenas um *end-point* com relacionamento entre tabelas. Ao usuário fazer a requisição (query) a solicitação era passada pelo Node ao banco de dados Oracle via GraphQL de forma assíncrona. Para trabalharmos com filtros, ou seja, a não necessidade de retornar diversas colunas irrelevantes na requisição, mesmo sendo apenas um *end-point*, foram criados esquemas, que são as rotas no qual o GraphQL realiza o tratamento das requisições e as repostas. Assim, os filtros podem ser dinâmicos, especificados pelo próprio usuário. De uma lista com 33 mil entidades, a API retorna apenas a tubulação correspondente ao solicitado pelo usuário, de acordo com a padronização ASME, que a API faz automaticamente.

## Resultados

O serviço em questão foi elaborado com sucesso. Todas as funções foram testadas e validadas. Este serviço é um passo importante no setor de automação dos serviços em nuvens da Petrobras, servindo de local de consumo para diferentes softwares de modelagem, como o Pipenet, ou para geração de relatórios. Também serve de consulta fácil e ampla para o engenheiro localizar as tubulações a sua disposição, já padronizados, para a elaboração de seus dimensionamentos.

# SQUID - Uma plataforma de integração de software para a transformação digital em engenharia

Leandro M. Sales (leandro@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diego A. F. Melo, Diogo T. Cintra, Fábio M. G. Ferreira, Márcio M. Ribeiro,  
Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A SQUID é uma plataforma de software baseada em serviços projetada para permitir o desenvolvimento e a integração entre aplicações das engenharias naval e submarina. A SQUID é baseada em um modelo de computação distribuída para prover serviços computacionais de propósito específico a fim de dar suporte a portais web que agregam diferentes tipos de aplicações. Esta plataforma faz parte de iniciativas da Petrobras no contexto de transformação digital da empresa, colaborando

mais ativamente na integração entre ferramentas computacionais de múltiplos desenvolvedores.



Figura 1: Logo da plataforma SQUID.

## Metodologia

Os módulos constituintes da plataforma são desenvolvidos na forma de serviços containerizados, utilizando a tecnologia Docker. Dentre os principais módulos desenvolvidos destacam-se o portal web (uma interface com o usuário), um serviço de armazenamento de arquivos que atende às aplicações e o módulo de geração de relatórios. O portal também dispõe de recursos de autenticação de usuários, em um esquema de Single Sign On (SSO), que funciona de maneira acoplada ao sistema de Controle de Acesso da Petrobras (CA). Atualmente as tecnologias adotadas pela equipe de desenvolvimento são Java com Spring Boot e NodeJS para *back-ends*, além de ReactJS para *front-ends*.

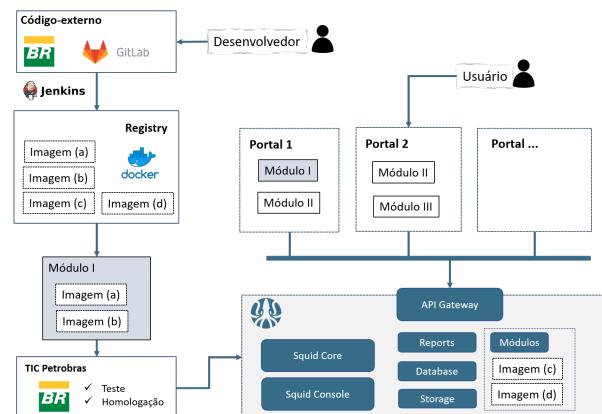


Figura 2: Arquitetura da plataforma.

## Resultados

No estágio atual de desenvolvimento, a SQUID encontra-se em ambiente de produção da Petrobras e serve de suporte para as aplicações dos portais NavalWeb e SubWeb, nos contextos de engenharia naval e submarina, respectivamente. Novos serviços estão sendo planejados para a plataforma com o intuito de prover funcionalidades comuns para as aplicações hospedadas nos portais, seja do ponto de vista de software para suporte às aplicações, na forma de serviços web de engenharia, ou ainda de recursos de identidade visual. A equipe de desenvolvimento da SQUID vem empregando a filosofia de desenvolvimento ágil com o objetivo de atingir os objetivos de maneira progressiva. Este processo envolve ainda a interação com diversos desenvolvedores de aplicações, a exemplo da TIC/Petrobras e equipes de desenvolvimento de parceiros externos, como: CERTI, Símeros, Cesar e LACEO/Coppe.

# SQUID Core - Gerenciamento interno de portais web para aplicações de engenharia

**Daniel B. F. Silva** (danielborges@lccv.ufal.br)

Diego A. F. Melo, Diogo T. Cintra, Leandro M. Sales, Fábio M. G. Ferreira, Márcio M. Ribeiro,  
Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A SQUID é uma plataforma de software baseada em serviços projetada para permitir o desenvolvimento e a integração entre aplicações das engenharias naval e submarina. Como parte da arquitetura da Plataforma SQUID, a SQUID Core se destaca como o principal módulo da plataforma. É um serviço de *backend* que é responsável pelo gerenciamento interno dos portais, na qual expõe uma API GraphQL disponível para *frontends* dos portais. Este módulo armazena, principalmente, os dados de usuários e aplicações contidos nos portais, bem como a lógica de negócios de *login* dos usuários Pe-

trobras nos portais utilizando sua chave e senha Petrobras, fornecendo um *login* integrado ao Controle de Acesso Petrobras - atual sistema de acesso da Petrobras.



Figura 1: Logo da plataforma SQUID.

## Metodologia

Internamente, a SQUID Core se subdivide em 6 categorias: (i) portais; (ii) aplicações/módulos; (iii) usuários; (iv) grupos; (v) papéis e (vi) autenticação. Na categoria de portais ficam armazenados os metadados de cada portal, incluindo a URL, nome e informações de temas. Em aplicações/módulos são relacionadas as aplicações contidas nos portais com o portal. Em usuários ficam armazenados os usuários que estão inseridos em cada portal. Em grupos e papéis é mantido o gerenciamento de permissões dentro dos portais. Por fim, em autenticação contém as operações de *logon* de usuários, na qual fornece a autenticação única para todas as aplicações dos portais. A SQUID Core está sendo desenvolvida com Java e Spring Boot.

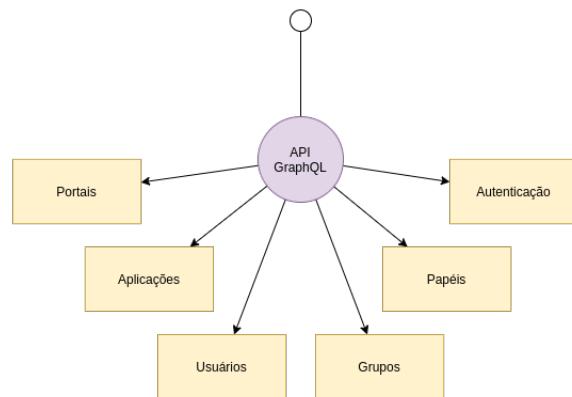


Figura 2: Categorização da SQUID Core.

## Resultados

No estágio atual de desenvolvimento, a SQUID Core encontra-se em ambiente de produção da Petrobras e contém os dados e metadados dos portais NavalWeb e SubWeb, nos contextos de engenharia naval e submarina respectivamente. Melhorias estão sendo planejadas para este módulo com o intuito de prover novas funcionalidades para os portais. Além disso, planeja-se ter uma área focada para os desenvolvedores das aplicações nomeada de SQUID Console. Ela vai se comunicar com a SQUID Core provendo ao desenvolvedor gerenciar as suas próprias aplicações.

# SQUID Reports - Um serviço web de geração de relatórios integrado aos portais do NavalSubweb

Diogo T. Cintra (diogotc@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Kim R. Gama, Leandro M. Sales, Fábio M. G. Ferreira, Márcio M. Ribeiro,  
Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O SQUID Reports é um serviço integrado aos portais NavalWeb e SubWeb cujo objetivo é disponibilizar aos usuários e aplicações de portal um mecanismo de preenchimento automatizado de relatórios com base em templates pré-definidas. Este processo tanto acelera o preenchimento de documentos como reduz a incidência de erros humanos. A iniciativa surgiu com o intuito de centralizar as funcionalidades, em uso ou planejadas, que estão espalhadas em diversas aplicações nos contextos de engenharia naval e submarina para os portais. A tarefa de geração de relatórios tem sido apontada

como de relevante importância nos processos de projetos de engenharia, alocando recursos humanos qualificados em tarefas repetitivas e em muitos casos altamente automatizáveis.



Figura 1: Logo da plataforma SQUID.

## Metodologia

O serviço web foi projetado para ter como entrada o identificador de um arquivo modelo armazenado no serviço SQUID Storage e um mapa chave-valor (JSON), conseguindo lidar com campos do tipo texto simples, imagens (codificadas em base64) e tabelas. Na implementação corrente é possível gerar documentos no formato compatível com o Microsoft Word (.docx). O serviço foi containerizado em uma imagem Docker e pode ser escalado de acordo com a demanda de uso, embora as requisições atuais tenham demandado poucos segundos de processamento. O software foi escrito utilizando NodeJS e possui interface REST com as aplicações dos portais. No modo de uso atual, o serviço possui forte interação com o serviço SQUID Storage, onde em geral são armazenados os arqui-

vos de template.

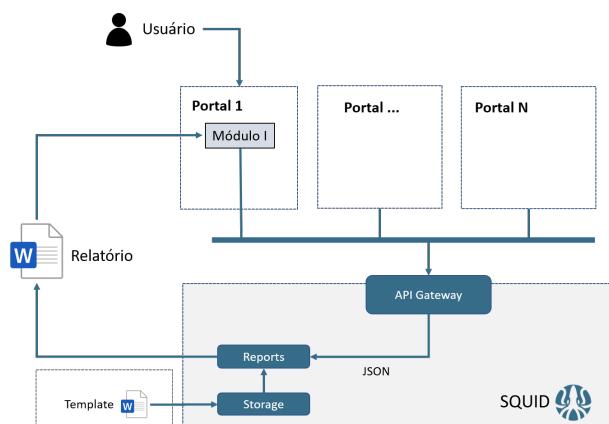


Figura 2: Trânsito de dados.

## Resultados

O SQUID Reports encontra-se em ambiente de produção na Petrobras e seu desenvolvimento está sendo guiado de maneira incremental de acordo com as demandas específicas das aplicações. No caso da aplicação de Sistemas Navais, o SQUID Reports já está sendo utilizado em relatórios dos seguintes sistemas: *Engine Room Central Fresh Water Cooling System*, *Ballast System* e *Helicopter Refueling System*. Cerca de 26 modelos de relatórios foram mapeados para uso somente na aplicação citada.

# SQUID Storage - Um serviço web de armazenamento de arquivos integrado aos portais do NavalSubweb

**Diego A. F. Melo** (diego.melo@lccv.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Leandro M. Sales, Fábio M. G. Ferreira, Márcio M. Ribeiro,  
Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

A SQUID é uma plataforma de software baseada em serviços projetada para permitir o desenvolvimento e a integração entre aplicações das engenharias naval e submarina. Dentre os serviços fornecidos pela Plataforma SQUID, está o serviço de *storage* (armazenamento). Este é um serviço genérico para armazenamento de arquivos que está disponível para uso das aplicações presentes nos portais sustentados pela SQUID. O serviço de *storage* fornece uma API REST na qual possibilita o

*upload* e *download* de arquivos, além de fornecer metadados desses arquivos em formato JSON.



Figura 1: Logo da plataforma SQUID.

## Metodologia

A API do serviço de storage fornece endpoints básicos para armazenamento de arquivos. Estes endpoints são protegidos, ou seja, não são públicos, e necessitam que um usuário esteja logado no portal para utilizá-los. Após fazer o envio de arquivos, o serviço traz como retorno da requisição o identificador deste. É responsabilidade das aplicações dos portais armazenar estes identificadores para uso posterior, pois é com eles que será possível recuperar os seus metadados e fazer o *download* dos arquivos. Os arquivos armazenados por este serviço ficam dispostos por meio do sistema de arquivo, fornecido por um volume Docker na infra-

estrutura da Petrobras. Atualmente a tecnologia adotada pela equipe de desenvolvimento para este serviço são Java com Spring Boot.

```
{
  "id": "4dd381fa-ebdb-4013-941b-6e2033b969c5",
  "name": "BJ_012.0.01396.pdf",
  "contentType": "application/octet-stream",
  "uriDownload": "https://squid.lccv.ufal.br/api/storage/documents/4dd381fa-ebdb-4013-941b-6e2033b969c5",
  "size": "118.1 kB",
  "createDateTime": "2019-12-20T20:32:32.746243",
  "updateDateTime": "2019-12-20T20:32:32.746282"
}
```

Figura 2: Exemplo de retorno da API.

## Resultados

No estágio atual de desenvolvimento, o serviço de *storage* encontra-se em ambiente de produção da Petrobras e está disponível para uso das aplicações dos portais NavalWeb e SubWeb, nos contextos de engenharia naval e submarina respectivamente. Planeja-se incrementar este serviço com outras funcionalidades e dados que melhorem a performance e a usabilidade do mesmo, além de melhorias na documentação.

# SubWeb - Portal de Aplicações e Dados da Engenharia Submarina

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Alvaro A. Albuquerque, Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Lucas B. A. Barros, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 4 anos (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Portal SubWeb é um portal de aplicações e dados destinados a Engenharia Submarina da Petrobras. Trata-se de uma aplicação web capaz de reunir, categorizar e proporcionar aplicações destinadas a resolução dos problemas da área de projeto, gestão de integridade e acompanhamento da produção. Com esse fim, disponibiliza um ambiente ideal para o trânsito de dados e o compartilhamento de serviços de forma a criar um ecossistema

computacional que reduza o tempo gasto com atividades manuais e repetitivas.



Figura 1: Logo do Portal SubWEB.

## Metodologia

O portal foi desenvolvido de modo a utilizar todos os serviços disponibilizados pela Plataforma SQUID. Cada uma de suas aplicações, por meio de uma autenticação centralizada, são separadas em duas categorias com objetivos definidos: (i) Dados Básicos e (ii) Aplicações. Na categoria (i), tem-se o principal objetivo de fornecer um acesso rápido aos dados e um mecanismo de curadoria, de forma que, por meio de APIs, todas as aplicações dentro do Portal SubWeb possam consumir os dados e utilizá-los da melhor forma possível; em (ii), tratam-se de aplicações destinadas a realizar simulações, análises e cálculos de engenharia. As aplicações foram desenvolvidas utilizando de uma mesma identidade visual entre si e mantendo o mesmo layout, garantindo que a experiência do usuário seja padronizada, diminuindo a curva de aprendizado ao utilizar as aplicações. Além de (i) e de (ii), outros módulos devem ser desenvolvidos

em um futuro próximo, o módulo de Dashboard, que deve permitir um acompanhamento em tempo real de algum processo de engenharia e o módulo de Projetos, que reunirá todo o ecossistema, possibilitando o encadeamento de análises/simulações e proporcionando tanto uma visão gerencial acerca do projeto quanto uma integração de dados fruto do fluxo de atividades.

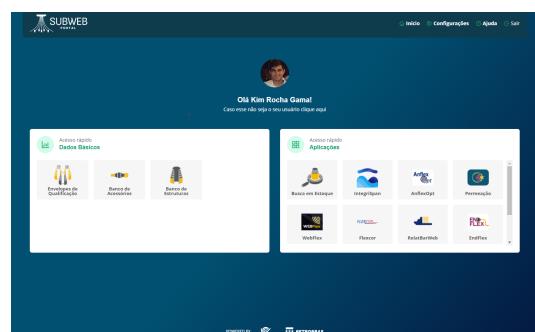


Figura 2: Aplicações do Portal SubWEB.

## Resultados

Hoje existem sete aplicações integradas ao Portal SubWeb. Dessas, cinco foram desenvolvidas no projeto do NavalSubWeb e uma foi desenvolvida no projeto IntegriSpan, também do LCCV. Já estão sendo desenvolvidas aplicações destinadas à área de Equipamentos Submarinos pela Fundação CERTI (UFSC), que utilizam a infraestrutura de desenvolvimento do LCCV para consumir os recursos dos portais. Além disso, já são mais de três tipos de dados básicos disponibilizados via API.

# twistAR - Análise da Curva de Giro Axial em Função do Número de Arames Rompidos na Gestão de Integridade de Dutos Flexíveis

**Kim R. Gama** (kim.rocha@lccv.ufal.br)

Lucas B. A. Barros, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

O Portal SubWeb é um portal de aplicações e dados destinados a Engenharia Submarina da Petrobras e a aplicação twistAR é uma de suas aplicações. Por meio de uma função multivariável obtida a partir de resultados de simulações de elementos finitos, a aplicação twistAR otimiza a análise de curva de torção axial de acordo com o número de arames rompidos na camada de armadura externa de tração para estruturas de dutos flexíveis. Essa análise permite que, diante do resultado de uma inspeção submarina onde se obtenha o giro axial

de um duto flexível, seja possível estimar a quantidade de arames rompidos, sem a necessidade de uma dissecção.



Figura 1: Logo da aplicação twistAR.

## Metodologia

A aplicação foi desenvolvida levando em conta três módulos principais: (i) o módulo de simulações, (ii) o módulo de análises, permitindo que as simulações sejam versionadas e compartilhadas entre os usuários do portal SubWeb e (iii) módulo de acesso, onde se trata do controle de perfis da aplicação. Houve integração com os dados básicos de estruturas, de forma que os dados nas bases corporativas da Petrobras possam ser consumidos, eliminando o tempo gasto pela busca desses dados. No *front-end* foi utilizado a arquitetura *redux* como forma de gerenciamento de estado, com auxílio da biblioteca Redux Sauce. O *design* foi baseado na biblioteca de UI Ant Design. No *back-*

*end* foi utilizado como ORM a biblioteca Sequelize, que permitiu a integração com o banco de dados PostgreSQL.

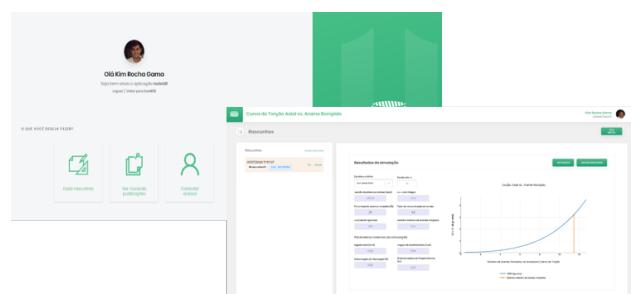


Figura 2: Telas da aplicação.

## Resultados

Esta aplicação disponibilizou na web uma ferramenta que anteriormente era utilizada por um número reduzido de pessoas, possibilitando uma democratização e uma descentralização do conhecimento, reduzindo o tempo gasto para a execução da tarefa desenvolvida. Ainda assim, o consumo dos dados de estruturas de dutos flexíveis representa também um ganho no que diz respeito a qualidade das informações utilizadas, prevenindo erros de inserção de dados e reduzindo o custo para buscá-los. Também tornou-se possível que as análises possam ser compartilhadas via software, eliminando os arquivos estáticos dessa etapa do processo de gestão de integridade.

# Detecção e Reconhecimento Semi-automático de Texto em Diagramas de Acessórios Submarinos

**Alvaro A. Albuquerque** (alvaro.albuquerque@lccv.ufal.br)

André Luiz L. Aquino, Fabiane S. Queiroz, Geymerson S. Ramos, Eduardo S. S. Silveira

**Atividade de P&D**, Engenharia da computação

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

## Introdução

Essa aplicação tem como objetivo detectar os textos em diagramas de acessórios submarinos (ver Figura 1) e conseguir, de maneira semi-automática, reconhecer e classificar esses textos. Mais especificamente, irá detectar e reconhecer números presentes nesses projetos de acessórios e classificará esses números em medidas de acessórios que já conhecemos. A forma desses diagramas pode ser dividida em formas espaciais mais simples, como cilindros e troncos de cone. Logo, a aplicação irá associar os números detectados a medidas (altura,

diâmetro e comprimento) dessas formas espaciais.

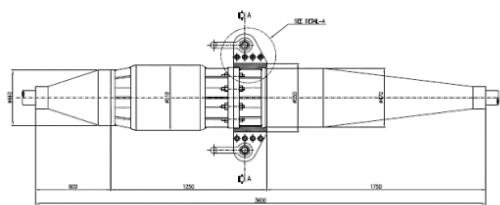


Figura 1: Exemplo de Diagrama de Acessório Submarino.

## Metodologia

Para fazermos o reconhecimento dos caracteres nessas imagens, foram aplicados conceitos de Visão Computacional. Para isto, utilizamos a linguagem Python juntamente com biblioteca OpenCV para podermos processar a imagem recebida. O processamento se divide em três fases: (i) binarização da imagem, utilizando Blur e Threshold para transformar as cores dos pixels em preto ou branco; (ii) exclusão dos componentes conexos, de modo a reduzir a imagem para a área de interesse e (iii) dilatação dos pixels da imagem, como forma de garantir a junção das letras em blocos de palavras. Da fase (iii), resultam-se as áreas de interesse da imagem, que passarão por uma leitura computaci-

onal utilizando o Tesseract OCR, uma ferramenta de reconhecimento de caracteres ópticos fornecido pela Google. Essa ferramenta será a responsável por reconhecer os caracteres e classificá-los.



Tesseract OCR

Figura 2: Ferramentas utilizadas.

## Resultados

Utilizando essa aplicação com essa metodologia, podemos detectar os caracteres presentes em diagramas de acessórios submarino e reconhecê-los, possibilitando uma transformação entre dados não estruturados em mídia não apropriadas (PDF) em dados estruturas em bancos disponibilizados na web. Contudo, a rede neural capaz de classificar os valores lidos como medidas de formas espaciais ainda precisa ser estudada com maior profundidade e será tópico de próximos trabalhos.

# Manufatura Aditiva

# Desenvolvimento de haste de laringoscópio de baixo custo para treinamento de equipes médicas que realizam intubação de pacientes com COVID-19

**José Adeilson Amorim** (adeilson\_amorim@lccv.ufal.br)

Eduardo Quintella Florêncio, Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Júnior, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto

**Atividade de Extensão, Multidisciplinar**

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Diante da pandemia de COVID-19 houve um súbito aumento na demanda de equipamentos médicos e equipes treinadas, especialmente aqueles envolvendo procedimentos de intubação. Surgiu no LCCV a iniciativa de desenvolver hastas de laringoscópio impressas em 3D para auxiliar as equipes de treinamento. Equipes médicas treinadas realizam o procedimento em menos tempo, reduzindo significativamente o risco de contaminação e complicações (ver Figura 1).



Figura 1: Equipe do LCCV interage com profissionais da saúde que testam e participam do desenvolvimento do modelo de haste de laringoscópio para impressão em 3D.

## Metodologia

Depois de identificados modelos *opensource* e produzidos os primeiros protótipos, equipes médicas parceiras testaram e identificaram as necessidades de melhoria dos modelos (ver Figura 1). As mudanças no modelo melhoraram a resistência estrutural e anatomia. Foram testadas duas diferentes tecnologias de impressão 3D: FDM (filamento de termoplástico) e SLA (resina fotossensível). Devido à qualidade da peça obtida (homogeneidade, baixa porosidade, resistência etc) e à possibilidade de se produzir peças em material biocompatível, ficou definida a escolha pela tecnologia SLA, sendo

adquiridos equipamentos para tal produção (ver Figura 2).



Figura 2: Protótipo em ABS e produção do modelo final em SLA.

## Resultados

A interação do LCCV com equipes médicas especializadas foi fundamental para o desenvolvimento de um instrumento essencial para intubação a um custo de algumas centenas de reais em comparação com um custo de até 100mil reais dos equipamentos profissionais de mercado.

# Distribuição de Face Shields impressas em 3D para enfrentamento da pandemia da COVID-19

**Bárbara Yaskhara Fernandes** (barbarayaskhara2009@hotmail.com)

Lisley L. Santos Leão, Ewerton Lopes Mello, Danielle Maria Silva, Vinicius S. Guilherme, Weslley S. Rocha, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto, Adeildo S. Ramos Júnior, Luciana C. L. M. Vieira

**Atividade de Extensão**, Multidisciplinar

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Apresentam-se a metodologia e os resultados da distribuição de protetores faciais do tipo *face shields* fabricados no LCCV-UFAL por meio da Manufatura Aditiva (impressão 3D). O projeto surgiu da urgente demanda de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para os profissionais de saúde, provocada pela pandemia do Coronavírus decretada em março de 2020 pela OMS.

## Metodologia

A etapa de distribuição foi iniciada com o levantamento dos dados e demandas das unidades receptoras envolvidas no enfrentamento da pandemia, por meio da criação de um formulário na plataforma Google Forms. A entrega às instituições de saúde solicitantes foi feita mediante a assinatura de um termo de doação, enviado por meio de e-mail oficial, e ao registro fotográfico no momento da entrega ou de profissionais de saúde em uso dos EPIs. Uma planilha Excel foi criada para o registro das unidades de saúde, gerenciamento e alocação das doações. Ao longo do projeto houve intensificação da produção de *face shields* gerando a necessidade de uma busca ativa de unidades receptoras, principalmente no interior do estado de Alagoas. Foram priorizados os municípios com maiores taxas de incidência da doença segundo os boletins epidemiológicos oficiais semanais.

## Resultados

A primeira etapa do projeto foi caracterizada pela ação voluntária conjunta de estudantes, engenheiros, médicos e empresas parceiras. Foram doadas nessa etapa mais de 1600 unidades, principalmente para hospitais, UBS e casas de caridade. Uma segunda etapa foi realizada por meio de financiamento realizado pelo Ministério Público do Trabalho de Alagoas e UFAL, sendo doadas mais de 12000 unidades, principalmente para secretarias municipais de saúde do interior do estado. Ao longo do projeto foi notória a receptividade, o reconhecimento e a relevância da ação em meio a urgente demanda de EPIs gerada pela pandemia da COVID-19 (ver Figura 1).



Figura 1: Entregas das doações realizadas.

# Processo de desenvolvimento e otimização de protetores faciais para produção por fabricação digital

**Eduardo Quintella Florêncio** (eduardo.florencio@lccv.ufal.br)

José Adeilson Amorim, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto, Adeildo S. Ramos Júnior, Luciana C. L. M. Vieira

**Atividade de Extensão, Multidisciplinar**

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

O processo de produção de milhares de protetores faciais (EPIs) por fabricação digital, como todo processo de produção em larga escala, requer etapas de validação. Nesse sentido, a equipe realizou diversos testes para obter um fluxo de trabalho otimizado. O principal objetivo foi garantir a produção estimada dentro do tempo previsto com segurança e qualidade. A atividade englobou desde a escolha e aprimoramento do design dos escudos, até a especificação das máquinas, insumos e configurações de produção, deixando um processo pronto para a equipe de produção atuar.

## Metodologia

Os EPIs produzidos são compostos por três partes: uma haste feita por impressão 3D, um escudo em material PET transparente e um elástico. Após pesquisa foi escolhido o modelo (*opensource*) de haste da empresa Prusa Research. Em parceria com profissionais de saúde, ajustou-se o design da haste e também do escudo. Foram feitos testes com diversos polímeros para impressão 3D. A escolha pelo material ABS se deu por apresentar durabilidade, conforto, resistência à temperaturas mais elevadas e ao processo de esterilização recomendado pelos médicos, além de boa disponibilidade no mercado e custo mais acessível. Após a validação do design e material, a equipe buscou a otimização da produção. Assim, gerou-se um modelo 3D para imprimir as hastes empilhadas, para impressão em ciclos de 24h. Foram utilizadas 7 impressoras 3D em regime 24/7 para as hastes e uma

cortadora à laser para os escudos. A pesquisa considerou a escolha de materiais com alta qualidade e disponíveis no mercado, obtendo como produto final um escudo confortável, confiável, robusto e de baixo custo (ver Figura 1).



Figura 1: Etapas do desenvolvimento e da produção.

## Resultados

Com o procedimento adotado, o empenho da equipe de produção, monitoramento e ajustes de percurso foi possível produzir e distribuir a quantidade de escudos especificada no projeto (aprox. 13600 unidades). Com o planejamento foi possível determinar com precisão a quantidade necessária de insumos, obtendo aproveitamento otimizado com desperdício mínimo.

# Novos desafios na pandemia: Recrutando e gerenciando uma equipe nova e multidisciplinar remotamente para contribuir no enfrentamento da COVID-19

**Luciana C. L. M. Vieira** (lucianaclmv@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Júnior, Eduardo Quintella Florêncio, José Adeilson Amorim, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto

**Atividade de Extensão, Multidisciplinar**

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Em março de 2020 foi decretado isolamento social no Estado de Alagoas devido à chegada do coronavírus no Estado. Diante da pandemia e da crise de saúde pública, o LCCV e o FABLAB UFAL, por meio de sua equipe, iniciaram uma mobilização para identificação de formas possíveis de contribuição. Com o desafio de trabalhar remotamente foi preciso reinventar nossas estratégias de planejamento, mobilização de equipe e obtenção de resultados. Decidimos que utilizaríamos nosso conhecimento em fabricação digital para contribuir com a oferta de EPIs para as equipes médicas e assistência social.

## Metodologia

Utilizando reuniões virtuais e uma série de outros recursos de interação remota, foi possível organizar a equipe de voluntários e selecionar bolsistas para execução das atividades necessárias. Foi montada uma equipe multidisciplinar composta por estudantes e profissionais das áreas de Engenharia Civil, de Petróleo, Química e Ambiental, Arquitetura, Medicina, Enfermagem e Eng de Computação. Parte da equipe manteve-se em trabalho remoto e parte esteve presente diariamente nas instalações do LCCV para a produção das peças. Tomou-se o cuidado de manter no máximo 2 pessoas por ambiente, adotando-se revezamento sempre que possível, utilizando-se EPIs e álcool para

higienização. (ver Figura 1)



Figura 1: Equipe executora e representantes do MPT em visita às instalações do LCCV.

## Resultados

Nossa estratégia de isolamento social e medidas sanitárias mostrou-se eficiente. Não tivemos casos de COVID-19 na equipe durante a vigência das atividades. Ao final das duas fases havíamos doado quase 14 mil protetores faciais, atendido demandas de produção de peças de reposição de ventiladores mecânicos e desenvolver e produzir hastes de laringoscópios de baixo custo para treinamento de equipes médicas.

# Produção de 12 mil protetores faciais com fabricação digital durante a pandemia

**Roberto J. M. Cavalcante** (roberto.cavalcante@lccv.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Júnior, Eduardo Quintella Florêncio, José Adelison Amorim, Valéria P. S. Alcântara, Maylla G. Cabral, Joyce S. S. Santos, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto

**Atividade de Extensão, Multidisciplinar**

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Objetiva-se a utilização da fabricação digital para o enfrentamento da pandemia da COVID-19. Utilizando fabricação digital do tipo aditiva (com impressoras extrusoras para criação de hastas) e do tipo subtrativa (cortadora a laser para produção de escudos), foi possível a fabricação de 12 mil protetores faciais que serviram como EPI para os órgãos de saúde em Alagoas. Por conta da alta demanda dos protetores faciais, as impressões das hastas ocorreram 24 horas durante os 7 dias da semana, além da necessidade do corte dos 12 mil escudos de material PET. Ambos os processos de fabricação provocaram diversos desafios para a equipe do projeto.

## Metodologia

Nos primeiros meses do projeto a equipe lidou com a adaptação do processo de fabricação digital durante uma pandemia, ao mesmo tempo em que organizou um sistema que funcionasse. Para a identificação de problemas na impressão (ver Figura 1), a equipe sistematizou e acompanhou todo o processo, numerando todas as máquinas e realizando um controle de qualidade das hastas. Assim, qualquer defeito em alguma máquina foi logo identificado e solucionado, prevenindo atrasos na produção. O arquivo de impressão foi confeccionado para atender as demandas. Já no processo de corte à laser, o desafio foi manipular o material para que se adequasse na máquina, já que o PET utilizado foi adquirido em rolos, tendo que

ser transformados em placas do tamanho da área de corte para que fosse possível o corte.



Figura 1: Etapas de produção dos protetores faciais.

## Resultados

A sistematização dos processos na produção possibilitou a confecção dos milhares de protetores em um curto período de tempo. Tudo isto em razão da rápida identificação e solução dos defeitos na produção, reduzindo ainda o número de perdas durante todo o processo. Ainda mais, a sistematização promoveu um maior controle do uso do PET e do filamento de impressão, resultando em um maior aproveitamento da matéria-prima, reduzindo perdas.

# Controle de estoque: Mantendo o gerenciamento de material na produção de 12 mil protetores faciais

**Valéria P. S. Alcântara** (valeria.alcantara@ctec.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Júnior, Eduardo Quintella Florêncio, José Adelison Amorim, Roberto J. M. Cavalcante, Maylla G. Cabral, Joyce S. S. Santos, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto

**Atividade de Extensão**, Multidisciplinar

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Manter uma eficiência no armazenamento, na organização e gerenciamento, além do controle do insumo já consumido, são procedimentos valiosos quando há a necessidade de um maior controle do material utilizado. O estoque funciona como elemento regulador, sendo o termômetro da produção. Tendo como estudo de caso o monitoramento do estoque (filamentos e PET) durante o processo de fabricação de 12 mil protetores faciais, o presente trabalho tem como objetivo relatar o gerenciamento e controle de estoque, além de salientar como o processo auxiliou a organização e simulação da quantidade de insumo necessário para o alcance da meta final. A metodologia apresentada possibilitou a otimização de tempo de fabricação, impedindo atrasos por falta de matéria-prima, além de reduzir perdas no final da produção.

## Metodologia

O controle de estoque foi possibilitado a partir da divisão do insumo em lotes. Os 440 filamentos de impressão 3D foram separados em 10 lotes, já os 21 rolos de PET foram distribuídos em 21 lotes. A partir daí, durante o processo de produção e utilização dos materiais, foi dividido e marcado o insumo utilizado, além de identificar as quantidades que serviriam para um possível reaproveitamento. Durante a produção, foi monitorada a quantidade de produto utilizado e as perdas em cada lote, possibilitando o cálculo da produção média naquela parcela. Com estes dados, foi possível atualizar constantemente a previsão da matéria-prima necessária para o alcance da meta de produção. Tendo como referência as informações obtidas durante o monitoramento, realizou-se a compra de material durante o processo de produção, evitando paralisação da produção e um atraso no prazo final. Todo o procedimento ocorreu com o auxílio de uma planilha interativa no excel.

## Resultados

Este projeto exemplifica o quanto essencial é a gestão de estoque. Observou-se que quanto mais for utilizado e monitorado, mais precisa se torna a estimativa de material necessário. Com o monitoramento adotado, foi obtido um maior controle de produção, impedindo possíveis adversidades que ocorreriam caso o insumo se encontrasse em carência durante o processo de fabricação (ver Figura 1).



Figura 1: Planilha interativa utilizada e conferência de estoque.

# Processo de acabamento e montagem: desafios para se atingir perdas mínimas de material

**Wesley S. Rocha** (weslley.rocha@lccv.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Júnior, Danielle Maria Silva, Ewerthon Lopes Mello, Vinicius S. Guilherme, Emerson A. F. Santos, Eduardo S. Paranhos Sobrinho, Josué D. Silva Neto

**Atividade de Extensão**, Multidisciplinar

Duração: 7 meses (Finalizado)

Parceiros: UFAL, MPT, FABLAB UFAL, FUNDEPES, CTEC/UFAL, PETROBRAS, FAPEAL, PPGMateriais/UFAL, PPGEC/UFAL, LEMA/UFAL, Financiamento: Ministério Público do Trabalho – MPT e Universidade Federal de Alagoas - UFAL

## Introdução

Esse trabalho tem o objetivo de determinar e executar os melhores métodos de acabamento e montagem dos protetores faciais. Essa etapa acaba por se tornar bastante relevante, visto que as peças necessitam de acabamento após a impressão para garantir a qualidade desejada. Desenvolve-se uma metodologia para aumentar a velocidade de produção e para redução do tempo gasto na raspagem/limpeza da peça. Esse cuidado também foi adotado na montagem, de modo que a perda, quebra e até mesmo arranhões seja próxima de 5 por cento.

## Metodologia

Foram criados modelos melhorados de hastes para ajudar na aceleração da produção e otimização do gasto de material. Assim, lotes de peças recém impressas eram levadas para equipe de acabamento e montagem que realizava os processos de separação das hastes empilhadas, retirada de suporte, de rebarbas, verificação de descolamento e outros (ver Figura 1). As tarefas foram divididas entre a equipe, que realizava atividades simultâneas, acelerando o processo de acabamento, e assim disponibilizando os protetores para as doações o mais

brevemente possível. Todo o processo foi sendo aperfeiçoado ao longo do projeto, sendo constantemente rediscutido com a equipe.



Figura 1: Lotes de protetores enviados para acabamento.

## Resultados

A adoção do trabalho em equipe e as constantes melhorias nos modelos e nos processos de acabamento e montagem garantiram a produção de mais de 12mil protetores faciais formados por hastes produzidas com impressoras 3D e escudos cortados a laser. A cooperação do FABLAB UFAL e do LCCV viabilizaram os excelentes resultados obtidos. As perdas registradas nessa etapa foram de menos de 5%, evitando o desperdício de tempo e recursos materiais. Na Figura 2 observam-se registros do processo de acabamento e exemplares

de protetores acabados, prontos para serem doados.



Figura 2: Processo de acabamento e protetores finalizados.

# Outras Aplicações

# Modelagem no DEMOOP de falhas geológicas tridimensionais com geometrias curvas

**Hélvio F. C. Peixoto** (hfcpeixoto@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Ricardo A. Fernandes, Tiago P. S. Lôbo, Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Júnior

## Atividade de P&D

Duração: 2 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: Não definido

## Introdução

As falhas geológicas são objeto de estudo da Geologia Estrutural e têm grande relevância na compreensão dos reservatórios de hidrocarbonetos, suas zonas de falha e de migração. O estudo numérico destas falhas, aliado aos ensaios em caixas de areia, é muito bem documentado na literatura. No entanto, os modelos de elementos discretos aplicados a estes fenômenos costumam ser bidimensionais, usualmente comparados com fatias dos resultados laboratoriais. Esta análise bidimensional, apesar de relevante, representa uma simplificação grosseira do real comportamento dos planos de falha, que têm características intrinsecamente tridimensionais. Esta atividade visa aprimorar o framework DEMOOP para que ele seja capaz de modelar os movimentos tridimensionais das falhas

geológicas com o Método dos Elementos Discretos (DEM).

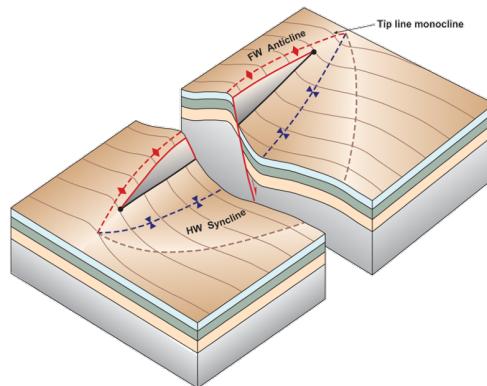


Figura 1: Características tridimensionais de uma falha.

## Metodologia

Os obstáculos que representam as faces dos blocos componentes da falha são modelados como triângulos planos pelo DEMOOP. De forma a generalizar o movimento destes obstáculos, foi implementada a possibilidade de movimentos independentes dos nós que compõem a malha de triângulos de um obstáculo. Assim, é possível aplicar deslocamentos diferenciais entre partes do obstáculo, permitindo a aplicação de movimentos tridimensionais bastante complexos. Tais movimentos são representados por funções, podendo representar velocidades não-lineares dos nós.

## Resultados

Esta atividade desenvolveu uma generalização do movimento de obstáculos no DEM, implementada no DEMOOP. Modelos de caixa de areia para uma falha normal foram simulados utilizando movimentos de báscula e parabólicos para o obstáculo inferior. A visualização dos resultados é feita no Paraview com fatiamentos emulando possíveis tomografias dos resultados finais de laboratório (Fig. 2). As feições teóricas deste tipo de falha foram reproduzidas de forma satisfatória, ensejando estudos mais avançados que tirem proveito de movimentos de obstáculos ainda mais complexos do que os

estudados nesta atividade.

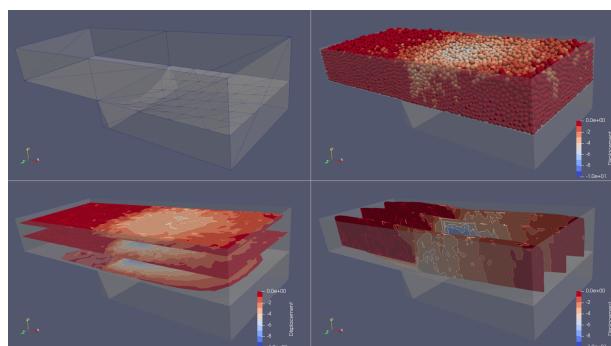


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Índice Remissivo

## A

- Adeildo S. Ramos Júnior, 9, 10, 13, 14, 20, 33, 94–100, 102–108, 125–131, 133  
Adlehr Gabriele C. Oliveira, 20, 88  
Aline R. Nunes, 10, 32  
Aline S. R. Barboza, 11, 19, 20, 22–30, 73–80  
Aline V. Esteves, 20, 87, 88, 92  
Alvaro A. Albuquerque, 110, 112, 121, 123  
Anderson Fernando C. Gomes, 20, 90, 91  
André Luiz L. Aquino, 15, 123  
Andressa C. A. Silva, 54  
Antonio Paulo A. Ferro, 73, 75  
Arthur Sávio B. Melo, 81–86

## B

- Bárbara Yaskhara Fernandes, 9, 126  
Beatriz R. Barboza, 20, 87–92  
Bruno R. P. Melo, 15, 114–116

## C

- Carlos Walter L. Barbosa Neto, 81–86  
Caroline C. Vasconcelos, 61  
Catarina N. A. Fernandes, 18, 61–63, 65–68, 70, 71  
Christiano Augusto F. Várady Filho, 20, 88, 89  
Clerisvaldo H. Santos Júnior, 74

## D

- Daniel B. F. Silva, 15, 114–121  
Daniel H. C. Vassalo, 64  
Daniel M. Pimentel, 82–86  
Daniell P. Silva, 11, 22–30  
Danielle Maria Silva, 9, 126, 131  
Diego A. F. Melo, 117, 118, 120  
Diego V. G. Ferreira, 19, 73–80  
Diogo T. Cintra, 13, 14, 95, 96, 102–104, 106, 110, 117–121, 133  
Douglas A. M. Lima Filho, 46

## E

- Edson Rabelo Júnior, 81–86  
Eduardo Matheus A. Pacheco, 20, 90, 91  
Eduardo N. Lages, 10, 14, 18, 20, 32–38, 66, 67, 69, 72  
Eduardo Quintella Florêncio, 9, 125, 127–130  
Eduardo S. Paranhos Sobrinho, 9, 17, 18, 50, 54–56, 58, 125–131

Eduardo S. S. Silveira, 10, 12, 14, 15, 39–44, 110–123

Eduardo T. Lima Junior, 16, 17, 19, 20, 47–54, 56, 57, 59, 62, 63, 70, 74, 76, 77, 88, 91

Emerson A. F. Santos, 9, 12, 39–44, 125–131

Eric S. Coelho, 29, 30

Evérton B. Silva, 20, 89

Ewerton Lopes Mello, 9, 126, 131

## F

Fábio M. G. Ferreira, 10, 12, 15, 32, 34–36, 38–41, 43, 44, 110–122

Fabiane S. Queiroz, 123

Fabrício Farias, 15

Felipe B. Pontes, 16, 64

Felipe P. Lima, 73, 75

Francisco A. V. Binas Júnior, 74, 76, 77, 80

## G

Gabriel R. Domingos, 9, 10, 33

Gabriel T. Silveira, 48

Geymerson S. Ramos, 123

Gilberto Lucas L. Santos, 18, 65, 66

Gleide Karolayne M. Lins, 18, 66, 67

Guilherme V. M. Amaral, 114–116

Gustavo T. Silva, 49

## H

Hélio F. C. Peixoto, 13, 32, 34–36, 133

Heleno P. Bezerra Neto, 10

Hugo V. F. Azevedo, 50, 56

## I

Ilivanilton R. Barros, 76, 81–86

## J

Jéssica P. V. Valença, 77, 80

Jackson B. Silva, 64

Jennifer Mikaela F. Melo, 20, 87, 92

João Fyllipy L. Nunes, 114–116

João Gabriel C. S. Duarte, 57, 103, 104, 106

João Paulo L. Santos, 16, 17, 19, 20, 47, 79, 87–92

João Paulo N. Araújo, 16, 17, 47, 51, 52, 54–56, 58

Jonathan D. Silva, 20, 92

Jonathan F. Francisco, 69

Jonathan H. C. Nunes, 51

José Adeilson Amorim, 9, 125, 127–130

Joseir G. Percy, 78, 79  
Josué D. Silva Neto, 9, 12, 39–44, 125–131  
Joyce K. F. Tenório, 20, 90–92  
Joyce S. S. Santos, 9, 129, 130

## K

Karolayne S. Gomes, 11, 27, 28  
Kevin Washington S. Lira, 81–86  
Kim R. Gama, 15, 110–112, 119, 121, 122

## L

Leandro M. Sales, 12, 15, 81–86, 117–120  
Leonardo T. Ferreira, 14, 94–96, 99–102, 107, 108  
Lisley L. Santos Leão, 9, 126  
Luís Philipe R. Almeida, 46  
Luana L. Menezes, 15, 113  
Lucas B. A. Barros, 110–112, 121, 122  
Lucas B. V. Amorim, 64  
Lucas D. F. Lino, 100, 105, 107  
Lucas G. O. Lopes, 9, 17, 54–60  
Lucas P. Gouveia, 16, 17, 19, 20, 46, 47, 49–52,  
54–56, 58, 73, 75  
Lucas S. Sales, 81–86  
Luciana C. L. G. Pinheiro, 20  
Luciana C. L. M. Vieira, 9, 13, 14, 95, 99, 105,  
108, 125–131, 133  
Luciano V. Santos, 11, 24  
Luiz Elias Silva Filho, 52, 63, 70

## M

Márcia Eduarda R. Martins, 10, 36  
Márcio André A. Cavalcante, 14  
Márcio M. Ribeiro, 15, 114–120  
Manuela O. L. Lôbo, 15, 113  
Marcelo A. Bastos, 109, 113–116  
Marcio Augusto S. Guimarães, 17, 64  
Marcos Antonio B. Lima, 81–86  
Marcos P. Silva, 64  
Matheus A. Miranda, 42  
Matheus C. A. Lúcio, 78  
Maylla G. Cabral, 9, 129, 130  
Michele A. L. Martins, 10, 38  
Milton M. G. Santos, 10, 37

## O

Otávio Bruno A. Rodrigues, 18, 62, 71

## P

Paulo Victor L. Santos, 95, 102  
Pedro Henrique Matias Silva, 20  
Pedro Henrique R. M. Bastos, 10, 38  
Pedro Igor F. Amorim, 97  
Pedro R. R. Magalhães, 53

## R

Raniel Deivisson A. Albuquerque, 20, 87, 92  
Renato R. L. Santos, 12, 39–41, 43, 44  
Ricardo A. Fernandes, 13, 14, 18, 65–69, 95, 98,  
99, 101, 102, 108, 133  
Roberto B. Santos, 78  
Roberto J. M. Cavalcante, 9, 129, 130  
Rodrigo B. Paes, 16, 17, 64  
Rodrigo L. Pinheiro, 14  
Romero B. S. Malaquias, 64  
Romildo S. Escarpini Filho, 18, 72  
Roseane Tavares A. Silva, 11

## S

Sayonara C. Bulandeira, 20, 87

## T

Taise M. de Oliveira Carvalho, 95  
Teófanes Vitor Silva, 78, 79  
Thales M. Vieira, 59, 60  
Themisson S. Vasconcelos, 18, 72  
Thiago B. Silva, 16, 17, 46, 47, 51–53, 55, 58, 59  
Tiago P. S. Lôbo, 13, 14, 94, 95, 97, 99–105, 107,  
108, 133

## V

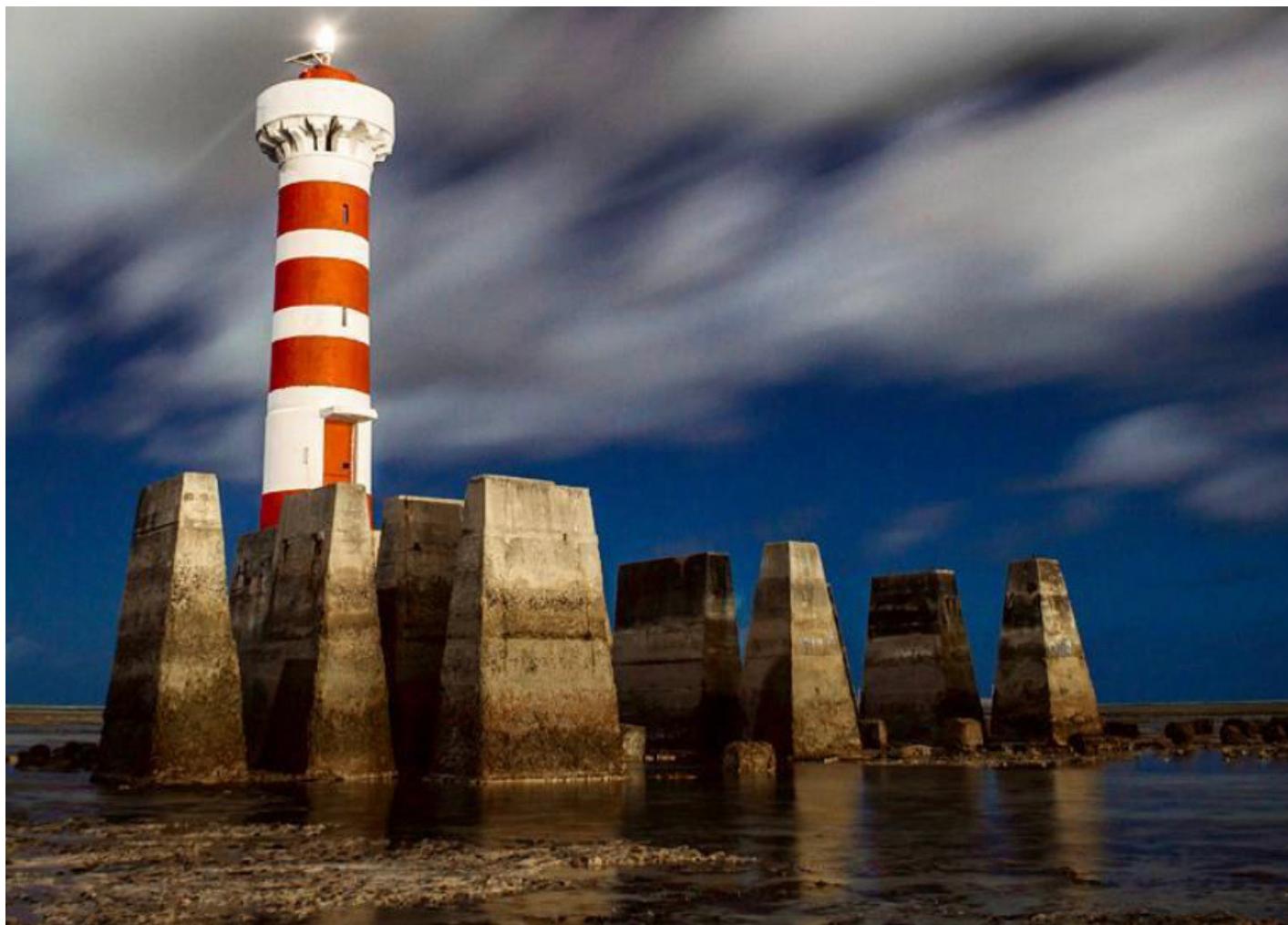
Valéria P. S. Alcântara, 9, 129, 130  
Victor Matheus S. Siqueira, 80  
Vinicius S. Guilherme, 9, 126, 131

## W

Wesley S. Rocha, 9, 126, 131  
Weverton M. Silva, 12, 39–41, 43, 44  
William Kleber A. Santos, 11, 22, 29, 30  
William Wagner M. Lira, 13, 16–18, 47, 51, 52,  
54–56, 58–63, 65–67, 70, 71  
Willy C. Tiengo, 16, 17, 64



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS



Farol de Ponta Verde, Maceió/AL  
Kaio Fragoso

## Laboratório de Computação Científica e Visualização

Universidade Federal de Alagoas  
Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n,  
Cidade Universitária - Maceió/AL - CEP 57072-970