

**XIV Reunião Anual de Acompanhamento**  
Laboratório de Computação Científica e Visualização



# **CADERNO DE RESUMOS**

## XIV Reunião Anual de Acompanhamento

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

Maceió, Alagoas  
2024

## PREFÁCIO

No ano de 2024, na data de 19 de novembro, comemoramos 15 anos da criação de uma infraestrutura de pesquisa, desenvolvimento e inovação, que instalou o Laboratório de Computação Científica e Visualização-LCCV, como uma unidade integrada ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Mantendo o princípio da integração já fundamentado no Centro de Tecnologia, o trabalho colaborativo entre pesquisadores docentes, discentes e egressos discentes, e pesquisadores externos, o LCCV alcançou um patamar de relevância nacional e internacional desenvolvendo soluções tecnológicas inovadoras, capacitando recursos humanos qualificados para estudos científicos avançados, e interagindo com empresas para solução de problemas de engenharia. Em parceria com a PETROBRAS, por meio de projetos e convênios, o LCCV/UFAL, vem contribuindo ativamente para a solução de problemas complexos de engenharia nas áreas de Petróleo e Gás e, atuando intensamente na área de transformação digital. Durante o ano de 2024 estabeleceu contatos e parcerias nacionais e internacionais e começa a transferir para a cadeia de óleo e gás produtos oriundos de seus desenvolvimentos. No presente ano, como forma de promover junto aos parceiros e a interessados no contexto de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, um ambiente de discussão e aprendizagem colaborativa, o LCCV promoveu Reuniões Anuais de Acompanhamento (RAA), na qual foram apresentadas as atividades desenvolvidas ao longo do ano por nos projetos vigentes e encerrados no ano em curso e consolida todos os registros no presente exemplar, já devidamente adaptado a comunicação no mundo virtual. Atualmente, o LCCV congrega alunos, pesquisadores, técnicos e professores que desenvolvem projetos nas seguintes áreas de atuação: Dutos e Risers, Engenharia de poços, Engenharia Oceânica, Geomecânica computacional e Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção, tendo a Tecnologia da Informação como tema transversal. O LCCV implantou internamente o Sistema de Gestão Sumé, o qual recebeu registro no INPI e a expertise adquirida com o mesmo se tornou uma área de atuação no LCCV. Foram muitos os aprendizados, muitas as apropriações de conteúdo e qualificações, bem com o fortalecimento para começar o ano seguinte.

Aline da Silva Ramos Barboza  
Coordenação LCCV

**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

Daniell Pontes Silva

Eduardo Nobre Lages

Eduardo Setton Sampaio da Silveira

Eduardo Toledo de Lima Júnior

Heleno Pontes Bezerra Neto

João Paulo Lima Santos

Lucas Pereira de Gouveia

Luciana Correia Laurindo Martins Vieira

Michele Agra de Lemos Martins

William Wagner Matos Lira

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

Presidente: Edson de Souza Bento

Vice-presidente: Taciana Melo dos Santos

**Revisores de Conteúdo Técnico-Científico**

Beatriz Ramos Barboza

Catarina Nogueira de Araújo Fernandes

Christiano Augusto Ferrario Várady Filho

Daniell Pontes Silva

Fábio Martins Gonçalves Ferreira

Francisco de Assis Viana Binas Júnior  
Heleno Pontes Bezerra Neto  
Igor de Melo Nery Oliveira  
Jennifer Mikaela Ferreira Melo  
Jéssica Pontes de Vasconcelos Valença  
João Paulo Nogueira de Araújo  
Josué Domingos da Silva Neto  
Joyce Kelly França Tenório  
Thiago Barbosa da Silva  
Tiago Peixoto da Silva Lobo

### **Design da Capa**

Regis dos Santos Coelho

### **Créditos da Foto da Capa e do Verso**

Mestre Zumba (<https://outrasimagensperifericas.blogspot.com/p/fotos-zumba.html>)

# Sumário

<b>1 Projetos</b>	<b>10</b>
1.1 Projeto Gestão Integrada . . . . .	11
1.2 APIs para Digital Twin (DT) de Superfícies de Modos de Falha de DRS (Pipe API) . . . . .	12
1.3 Estratégias e Ferramentas Computacionais para Projeto de Coluna de Perfuração em Poços de Petróleo (CAESAR 2) . . . . .	13
1.4 Desenvolvimento de Produtos Digitais para Projeto e Gestão de Integridade de Estrutura de Poço . . . . .	14
1.5 Desenvolvimento de Métodos e Aplicativos Computacionais de Geomecânica Salina e Geotécnica de Poço . . . . .	15
1.6 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) . . . . .	16
1.7 Portal SUBWEB 4.0: Visão Multigestor e Gateway de Serviços . . . . .	17
1.8 GP-SUB: Gerenciamento de Projetos em Engenharia Submarina através de uma Ferramenta Interoperável de Transformação Digital . . . . .	18
1.9 AnflexWEB: Development of a WEB Version for the Anflex Simulator . . . . .	19
1.10 Ferramentas Integradas para Projeto de Risers e Dutos Flexíveis . . . . .	20
1.11 Desenvolvimento de programa numérico utilizando o Método dos Pontos Materiais (MPM), para a simulação paralela de escorregamentos submarinos em 3-D e sua interação com equipamentos e estruturas (E-Sub3D) . . . . .	21
1.12 Dynasim UFAL - Modelagem computacional do comportamento de linhas de ancoragem, de produção e de alívio . . . . .	22
<b>2 Gestão integrada de projetos</b>	<b>23</b>
2.1 Modelo de gestão para o registro de incidentes de segurança . . . . .	24
2.2 Padrão para notificação de incidentes cibernéticos no LCCV . . . . .	25
2.3 Modelo de gestão para manutenção interna de equipamentos . . . . .	26
2.4 Funcionalidade de Gestão de Conceitos do Sumé . . . . .	27
2.5 Funcionalidade de Lições Aprendidas do Sumé . . . . .	28
2.6 Funcionalidade de gestão de procedimentos do Sumé . . . . .	29
2.7 Árvores de decisão como ferramenta de gestão do conhecimento . . . . .	30
2.8 Cadastro de ordem de fornecimento ou serviço a partir de requisições de compras diversas	31
2.9 Modelo de changelog de versões do Sumé . . . . .	32
2.10 Geração automatizada de folha de pagamento de pessoal no Sumé . . . . .	33
2.11 Rotina automatizada de verificação de conformidade de dados cadastrais . . . . .	34
2.12 Rotina automatizada de verificação de conformidade das equipes de projetos . . . . .	35
2.13 Uso de views materializadas como mecanismo de melhoria de performance . . . . .	36
2.14 Funcionalidade de histórico de alterações como instrumento de integridade no Sumé . . . . .	37
2.15 Indicador de Tempo Médio de Conclusão de Prestação de Contas . . . . .	38
2.16 Funcionalidade de documentação de processos do Sumé . . . . .	39
2.17 Cadastro de nota fiscal a partir de ordens diversas . . . . .	40

2.18	Looker Studio como ferramenta para construção de painéis de monitoramento . . . . .	41
2.19	Modelo de Estratégia de Comunicação do LCCV . . . . .	42
2.20	Gestão orçamentária individualizada da equipe de projetos . . . . .	43
2.21	Modelo de mensuração de desempenho de processos do LCCV . . . . .	44
2.22	Modelo de diagnóstico que subsidie a elaboração de propostas de projetos formalizados via TED . . . . .	45
2.23	Microsoft Planner como ferramenta de gerenciamento de tarefas administrativas do LCCV	46
<b>3</b>	<b>Dutos e Risers</b>	<b>47</b>
3.1	Modelo simplificado para simulação do fenômeno de fadiga termomecânica de baixo ciclo	48
3.2	Construindo Superfícies de resposta para fadiga de baixo ciclo de dutos rígidos com <i>Deep Learning</i> . . . . .	49
3.3	Criação de submodelos no IntegriSpan a partir de dados exportados pelo IntegriDutos	50
3.4	Implementação do <i>Scale Factor</i> no template de contato do IntegriSpan . . . . .	51
3.5	Metodologia para geração de superfícies de resposta para fadiga termomecânica de baixo ciclo . . . . .	52
3.6	Implementação do cálculo de fadiga a partir das Amplitudes de Tensão Modais no IntegriSpan . . . . .	53
3.7	Consulta Automática de Dados Meteoceanográficos: Integração do IntegriSpan ao Metocean . . . . .	54
3.8	Desenvolvimento de uma interface web para análise de flambagem e fadiga termomecânica de dutos rígidos submarinos . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Engenharia de Poços</b>	<b>56</b>
4.1	Modelos preditivos para ROP como suporte à otimização em tempo real de parâmetros operacionais na perfuração de poços de petróleo . . . . .	57
4.2	Integração para Visualização de Dados de Perfuração no Software CAESAR . . . . .	58
4.3	Modelagem Computacional de Conexão Utilizada em Tubo de Perfuração de Poços de Petróleo . . . . .	59
4.4	Predição da taxa de penetração (ROP) usando Stacking Ensemble . . . . .	60
4.5	Análise do Comportamento do Conjunto Broca-Alargador Durante a Operação Reaming While Drilling (RWD) . . . . .	61
4.6	Determinação de Parâmetros Direcionais de Poços a partir de Coordenadas Geográficas	62
4.7	Avaliação de Similaridade de Textos em Dados de Perfuração de Poços Petrolíferos . .	63
4.8	Conectando Pontos: Categorizando Lições Aprendidas e Incidentes em uma Aplicação Web, Visando Previsões com Aprendizado de Máquina . . . . .	64
4.9	Aplicação de elementos finitos para análise estrutural de colunas de perfuração . . . . .	65
4.10	Incorporação de Dados Litológicos ao Fluxo de Projeto no Software CAESAR . . . . .	66
4.11	Práticas Essenciais para a Limpeza de Texto em PLN Aplicadas à Análise de Lições Aprendidas . . . . .	67
4.12	Otimização do processo de retirada de testemunho utilizando aproximação termoporoelástica . . . . .	68
4.13	Reactive Programming e seu impacto em módulos da aplicação CAESAR . . . . .	69
4.14	Modelagem termo-poroelástica aplicada na avaliação da integridade de bainhas de cimento em poços de petróleo . . . . .	70
4.15	Avaliação da Integridade Estrutural de Bainhas de Cimento em Poços de Petróleo . .	71
4.16	Desenvolvimento de uma estratégia para modelagem de falha de cimentação de poços de petróleo em região salina . . . . .	72
4.17	Modelagem transiente da transferência de calor em poços de petróleo . . . . .	73
4.18	Um modelo para prever perfis de temperatura em poços de petróleo durante operações de gás-lift . . . . .	74
4.19	Modelagem Numérica do Alívio de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo . . . . .	75

4.20	Influência do Topo de Cimento na Mitigação do APB em Poços de Alta Pressão e Alta Temperatura . . . . .	76
4.21	Modelagem computacional da expansão térmica de fluidos confinados em anulares de poços de petróleo . . . . .	77
4.22	Contribuição ao estudo do comportamento da elevação de pressão em anulares confinados em poços direcionais . . . . .	78
4.23	Um Modelo de Elementos Finitos para Previsão de Esforços Axiais com Atrito em COP/COI . . . . .	79
4.24	Modelagem Numérica de Flambagem em COP/COI com Inclusão de Equipamentos . .	80
4.25	Detecção de anomalias em poços de petróleo com TranAD: Rede neural transformer de aprendizagem profunda . . . . .	81
4.26	Aprimorando a Detecção de Anomalias em Poços de Petróleo com a Arquitetura UNet .	82
4.27	Detecção de Eventos Inesperados em Poços de Petróleo Usando Aprendizado de Máquina com Local Outlier Factor . . . . .	83
4.28	Avanços na Detecção de Eventos Inesperados em Poços Usando Aprendizado Profundo com Local Outlier Factor e Autoencoders . . . . .	84
4.29	Redução Dimensional com t-SNE para Visualização de Anomalias em Poços de Petróleo	85
4.30	Detecção e Classificação de Eventos Desconhecidos em Poços utilizando Clusterização em Autoencoders . . . . .	86
4.31	Confiabilidade Estrutural para avaliação da Resistência Residual de Tubos Desgastados	87
4.32	Avaliação Numérica de Desempenho de Conexões de Revestimentos de Poços . . . .	88
4.33	Contribuição no Cálculo da Estimativa de Resistência de Tubulares de Revestimento Danificados . . . . .	89
4.34	Análise abrangente de integridade de poços baseada em confiabilidade: aplicação ao cenário de worst case discharge . . . . .	90
4.35	Atualização do Manual do Sistema SCORE: Expansão e Revisão de Conteúdo . . . .	91
4.36	Sest-Solos - Um ambiente WEB para Avaliação do Solo Marinho em Projetos de Início de Poço . . . . .	92
4.37	Calibração das Taxas Empíricas de Deformação para Determinação da Profundidade de Cravação de Base Torpedo . . . . .	93
4.38	Modelagem Computacional de Penetração de Base Torpedo Utilizando Ensaio de Piezocone . . . . .	94
4.39	Comparação de Metodologias de Classificação de Solos . . . . .	95
4.40	Análise Mecânica de uma Estaca Única Usando o Método da Curva p-y . . . . .	96
4.41	Análise Frequentista da Incerteza do Solo para o Projeto de Início de Poço . . . .	97
4.42	Caracterização Bayesiana Aplicada no Solo em Projetos de inicio de Poço . . . .	98
4.43	Avaliação probabilística de projetos de início de poço . . . . .	99
4.44	SIMCON: Dimensionamento da Fundação de Poço em Operações Submarinas . . . .	100
4.45	Modelagem Numérica da Cravação do Revestimento Condutor por martelamento . .	101
4.46	Automação da Simulação Numérica da Cravação de Revestimento Condutor por Martelamento . . . . .	102
4.47	Modelagem Numérica da Instalação do Revestimento Condutor por Jateamento em Ambiente Marinhos . . . . .	103
4.48	Modelagem e Análise da Interação Solo-Estrutura na Fundação de Poços de Petróleo com Métodos de Elementos Finitos . . . . .	104
4.49	Atualização Tecnológica dos Projetos Sest Solos e Simcon . . . . .	105
4.50	SEST SAL - Um ambiente WEB para estimativa do comportamento de poços em regiões salinas . . . . .	106
4.51	Estudo de refinamento de malha para modelagem por elementos finitos do fechamento de poço devido à fluência salina . . . . .	107
4.52	Procedimento de remalhamento local para modelar alargamento em poços de petróleo verticais durante a perfuração em rochas salinas . . . . .	108

4.53	Inclusão da fluência primária nas simulações de fechamento de poços no SEST SAL . . . . .	109
4.54	Processo de calibração de modelos constitutivos para fluência de rochas salinas . . . . .	110
4.55	Análise Comparativa do Fechamento de Poços em Formações de Rocha Salina Considerando a Fluência Primária . . . . .	111
4.56	Modelagem do fechamento por fluência de rochas salinas perfuradas por poços direcionais	112
4.57	Modelagem termomecânica do teste de absorção (LOT) em poços de petróleo na presença de evaporitos . . . . .	113
4.58	Atualização tecnológica - SEST SAL . . . . .	114
<b>5</b>	<b>Engenharia Oceânica</b>	<b>115</b>
5.1	Implementação de Metodologias Ágeis e Ferramentas de Gestão para Projetos de Engenharia Naval, Submarina e de Transformação Digital . . . . .	116
5.2	GP-SUB: Módulo de Projeto Conceitual . . . . .	117
5.3	GP-SUB - Módulo de projeto básico de dutos rígidos . . . . .	118
5.4	GP-SUB - Aplicação Insumos: Centralizando Dados para Projetos de Engenharia Submarina . . . . .	119
5.5	Workflow: Desenvolvimento de um serviço para o gerenciamento de projetos baseados em fluxo espiral . . . . .	120
5.6	QA e Testes das Aplicações do Contexto SUBWEB e GP-SUB . . . . .	121
5.7	Design System Para Sistemas Complexos: Desenvolvendo Componentes Para Aplicações De Engenharia Submarina . . . . .	122
5.8	A Importância do Design Gráfico na Plataforma SUBWEB . . . . .	123
5.9	Implementação de testes end-to-end (E2E) na pipeline de CI/CD para projetos com arquitetura desacoplada . . . . .	124
5.10	Aprimorando a Experiência de Usuário do Portal NavalWeb com a Criação de Guias de Usuário, Vídeos Tutoriais e Atualização de Documentos . . . . .	125
5.11	Uma Ferramenta No-Code para a Transformação Digital de Processos em Constante Evolução . . . . .	126
5.12	Desenvolvimento de um webservice para controle centralizado de autenticação e rotas do portal SUBWEB . . . . .	127
5.13	Aplicação RiserDataSheet: banco de dados e ferramenta para cálculo de configurações de risers . . . . .	128
5.14	Aplicação IRP: Consolidação de Dados de Plataformas e Balcão de Riser Para a Engenharia Submarina . . . . .	129
5.15	Banco de Acessórios - Integração de Dados de Acessórios de Risers . . . . .	130
5.16	Banco de Estruturas: refatoração, migração e garantia de retrocompatibilidade com aplicações consolidadas . . . . .	131
5.17	Análise de Cargas Extremas para Suportes de Risers Defeituosos . . . . .	132
5.18	Eficiência no Gerenciamento de Produtos em Engenharia Submarina: Implementação de um Portal de Documentação SUBWEB . . . . .	133
<b>6</b>	<b>Geomecânica Computacional</b>	<b>134</b>
6.1	Geração de modelos de escorregamento submarino considerando múltiplas camadas estatigráficas . . . . .	135
6.2	Desenvolvimento da Interface para Geração de Modelos de Deslizamento Submarinos	136
6.3	Modelagem Numérica de Interação Duto-Escorregamentos Submarinos através do Método dos Pontos Materiais . . . . .	137
6.4	Investigações e estudos de técnicas e implementações presentes na literatura - O Clube do Paper . . . . .	138
6.5	Desenvolvimento de uma API para a criação e manipulação de geometrias tridimensionais para o ESub3D . . . . .	139
<b>7</b>	<b>Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção</b>	<b>140</b>

7.1	<i>CatDyn</i> : Modelo de simulação estática e dinâmica para linhas de ancoragem . . . . .	141
7.2	Análise de Fadiga em Elos de Corrente de Ancoragem <i>Offshore</i> Tensionados em Superfícies Curvas . . . . .	142
7.3	Desenvolvimento de módulo de otimização para sistemas de ancoragem . . . . .	143
7.4	Melhoria da performance da simulação numérica de linhas de ancoragem . . . . .	144
7.5	Revisão e adequação da formulação do elemento de viga corrotacional . . . . .	145
7.6	Análise de tensões combinadas em elos de amarras de ancoragem . . . . .	146
7.7	Modelagem Viscoelástica Não Linear do Comportamento Mecânico de Linhas de Ancoragem em Poliéster . . . . .	147
7.8	Estratégia de CI/CD no desenvolvimento do Wrapper Python para o DOOLINES .	148
7.9	Avanços do Wrapper Python para o DOOLINES . . . . .	149

# Projetos

# Projeto Gestão Integrada

**Aline S. R. Barboza** (aline@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos, Regis S. Coelho, Geiza Thamirys C. Gomes, Jaerlington Paulo S. Silva, Paulo Victor L. Severiano, Iasmin C. Borba, Giuliana C. D. Arecippo, Caio Victor R. P. Silva, Bárbara A. Duarte, Paula Alessandra G. A. Sousa, Glenda Gabrielle G. Oliveira, Marcos A. Inácio Jr., Samuel Mateus S. Nascimento, Sulamita J. B. Santos, Higor Daniel C. Cabral, Ghedyvan Vinícius B. Silva, Camila Maria F. Silva, Evaldo O. Braz Jr., Júlia A. Pereira

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento, Gestão por processos, Organização, sistemas e métodos

## Introdução

Qualquer organização, independente de sua natureza, requer uma adequada institucionalização de sua estrutura organizacional, competências e responsabilidades de seus agentes, políticas e procedimentos, funcionalidades computacionais, acervo documental e conhecimento. No entanto, até 2019, o LCCV não dispunha de tais ativos de gestão formalizados e institucionalizados. Tal expertise gerencial habitava apenas a mente de alguns colaboradores, o que constituía potenciais riscos de gestão, tais como: perda do conhecimento, dificuldade e morosidade de acesso, falta de padronização de comportamento processual e perda de histórico organizacional. Assim, evidente era a necessidade de desenvolver e implementar recursos gerenciais de forma integrada a fim de não apenas minorar tais riscos gerenciais, mas de construir ganhos operacionais que permitam o desenvolvimento contínuo não apenas do LCCV, mas também da UFAL. Para tal, foi iniciado o Projeto Gestão Integrada, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Inicialmente, foram definidos os domínios de gestão sobre os quais seriam construídos os artefatos gerenciais. A partir daí, foram desenvolvidos modelos para documentação e avaliação de desempenho de processos, ativos de conhecimento, avaliação de estrutura física, gestão de manutenção, estoques, gastos, controle patrimonial, gestão orçamentária e financeira, prestações de contas, agendamento de espaços físicos, dentre outros. Em paralelo, deu-se continuidade ao desenvolvimento do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, registro

INPI BR512024003744-6, de forma a apoiar a implementação e a operacionalização dos processos modelados.



Figura 1: Acesso ao Sumé.

## Resultados

Em 2024, foram desenvolvidos diversos modelos e funcionalidades, tais como: gestão de ativos de conhecimento; cadastro de ordens de fornecimento e serviço; gestão de changelog de versões; rotinas de verificação automática de consistência de dados; registro de histórico de alterações de dados; modelos de estratégia de comunicação e de desempenho de processos. A partir da utilização de tais funcionalidades, serão obtidos dados estruturados e centralizados no Sumé, que constituirão subsídios para a tomada de decisão e a prestação de contas à sociedade.

# APIs para Digital Twin (DT) de Superfícies de Modos de Falha de DRS (Pipe API)

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

Aline S. R. Barboza, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Jéssica P. V. Valença, Josué D. Silva Neto, Matheus A. Miranda, Renato R. L. Santos, Teófanes Vitor Silva, Weverton M. Silva

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Superfície de resposta, Flambagem Termomecânica, Fadiga de Baixo Ciclo

## Introdução

O projeto tem como escopo o estudo, modelagem computacional, simulação e desenvolvimento de ferramentas numéricas customizadas (APIs para Digital Twin) para estimativas de valores associados à fadiga de baixo ciclo e flambagem de dutos submarinos a partir de superfícies de resposta.

## Metodologia

Para alcançar os objetivos do projeto PipeApi, estão previstas as seguintes etapas: i) a simulação e modelagem de superfícies de resposta de flambagem; ii) a simulação e modelagem de superfícies de resposta de fadiga de baixo ciclo; iii) o desenvolvimento de serviço web para consulta das superfícies de resposta. iv) a sustentação e novos desenvolvimentos do IntegriSpan no Subweb.

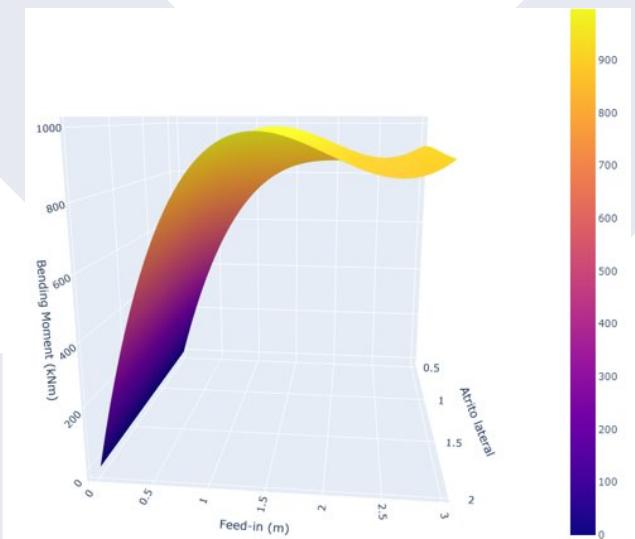


Figura 1: Superfície de resposta de momento fletor.

## Resultados

As ferramentas contribuirão para aumentar a produtividade dos profissionais responsáveis pelas análises de dutos rígidos. Além do fato de que a disponibilização como serviço permitirá a utilização de tais recursos por outras aplicações, entre elas o *Digital Twin* de Dutos Rígidos Submarinos. Portanto, espera-se que este projeto contribua de forma significativa no entendimento do fenômeno de fadiga de baixo ciclo de dutos submarinos e flambagem global de dutos HP/HT, auxiliando no desenvolvimento de melhores projetos e na gestão de integridade ao longo da vida operacional

# Estratégias e Ferramentas Computacionais para Projeto de Coluna de Perfuração em Poços de Petróleo (CAESAR 2)

**Aline S. R. Barboza** (aline@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos, Leandro M. Sales, Lucas P. Gouveia, Antonio Paulo A. Ferro, Carlos W. L. Barbosa Neto, Diego V. G. Ferreira, Felipe P. Lima, Francisco A. V. Binas Jr., Ilivanilton R. Barros, Jéssica P. V. Valença, Marcos A. B. Lima, Lucas S. Sales, Edson Rabelo Jr., Erasmo Augusto B. Silva, Erick S. Coelho, Jadson C. S. Santos, José G. Pinto Jr., Teófanes Vitor Silva, Débora S. Moreira, Jeyson S. N. Silva, Pedro H. S. Resende

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Coluna de perfuração, Aplicação WEB, Aprendizado de máquina

## Introdução

Para a perfuração de um poço de petróleo é necessária a concentração de energia na broca para cortar as formações rochosas. Essa energia, em forma de rotação e peso sobre a broca, promove a ruptura e geração de cascalhos, que são removidos do fundo do poço em direção a superfície por meio do fluxo de fluido de perfuração. A coluna de perfuração (ver Figura 1) é o elo entre a sonda e a broca, sendo constituída por diversos elementos que, dentre suas funções, tem a responsabilidade de transmitir a energia necessária para a broca além de conduzir o fluido de perfuração. O projeto objetiva a modelagem numérica da coluna de perfuração, analisando os efeitos de: vibração, fadiga, alargamento, testemunhagem. Tais soluções serão disponibilizadas em aplicação web,

intitulada CAESAR, que em conjunto com dados obtidos em tempo real atuará como uma versão digital da coluna.

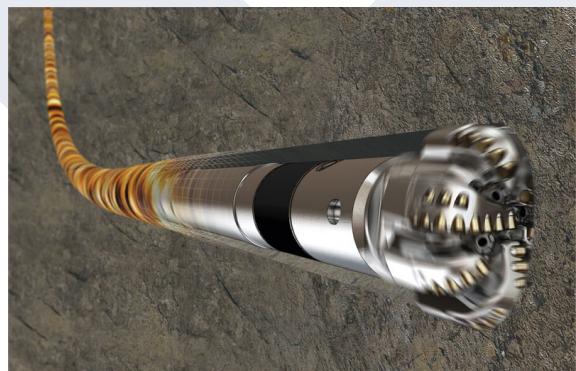


Figura 1: Atuação da coluna de perfuração.

## Metodologia

Para atendimento ao objetivo do projeto o desenvolvimento é dividido em quatro macroetapas: 1) Desenvolvimento de metodologia para análise do comportamento dinâmico e quantificação de fadiga da Coluna de Perfuração; 2) Desenvolvimento de metodologia para análise de comportamento e otimização de parâmetros de projeto da Coluna de Perfuração considerando forças laterais do contato coluna-poço e impactos torcionais; 3) Desenvolvimento de metodologia para otimização de projeto da Coluna de Perfuração considerando operações de alargamento e testemunhagem; 4) Desenvolvimento de metodologia para implantação de *framework* (utilizando Inteligência Artificial e Linguagem Natural aplicado a Poço) para implementação automática das Lições Aprendidas e demais itens de conhecimento e análise em tempo real e retro análise do comportamento da Coluna de Perfuração.

## Resultados

A aplicação web desenvolvida fornecerá o suporte adequado às decisões operacionais que visam melhorar eficiência e segurança da perfuração e proporcionar redução de custos à construção de poços.

# Desenvolvimento de Produtos Digitais para Projeto e Gestão de Integridade de Estrutura de Poço

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

João Paulo N. Araújo, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos, Lucas P. Gouveia, Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, Igor M. N. Oliveira, Gilberto Lucas L. Santos, Otávio Bruno A. Rodrigues, Gleide K. M. Lins, Luiz E. Silva Filho, Andressa C. A. Silva, Davi L. Ramos, Thales M. A. Vieira, Bruno B. Santos, Romero B. S. Malaquias, Rodrigo B. Paes, Willy C. Tiengo

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS - POLO/UFSC - ESSS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Automatização de Projeto, Monitoramento em Tempo Real, Revestimento de Poços

## Introdução

Este projeto propõe a continuidade no desenvolvimento de sistemas voltados à automatização de projetos e ao monitoramento em tempo real da integridade das colunas de poços de petróleo. Um dos principais objetivos é expandir o sistema atual, que já contempla as colunas de revestimento, para incluir também as colunas de completação. Além disso, busca-se desenvolver tópicos avançados sobre revestimentos e promover a integração com outros sistemas utilizados no projeto de poços. No que se refere ao monitoramento em tempo real, além de incorporar as melhorias desenvolvidas na fase de projeto, pretende-se criar uma nova arquitetura que permita a utilização de edge computing, possibilitando o monitoramento da integridade do poço diretamente na plataforma de produção.

## Metodologia

A metodologia de desenvolvimento deste projeto visa abordar os seguintes tópicos: a) desenvolvimento de metodologia para dimensionamento de COP/COI; b) estudo e desenvolvimento de técnicas para considerar a degradação da resistência de tubulares devido ao desgaste; c) estudo e desenvolvimento de módulo de análise térmica e cálculo de APB (Annular Pressure Buildup); d) desenvolvimento de sistema para geração de demanda de compra/reserva de tubos e equipamentos integrado ao SCORE (Folha Executiva); e) estudo de modelos para aprimoramentos em análises utilizando inteligência artificial.

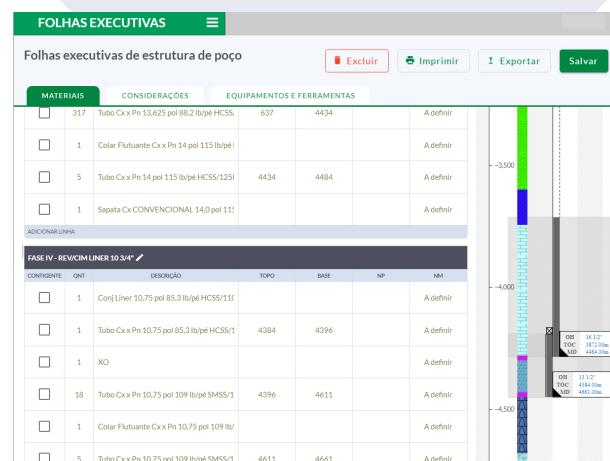


Figura 1: Folha Executiva com materiais sugeridos.

## Resultados

Atualmente, o SCORE-TR está monitorando mais de 500 poços simultaneamente, correspondentes a cerca de 90% da produção da Petrobras. O sistema para geração da chamada folha executiva permitirá especificar a demanda de compra/reserva de tubos e equipamentos de forma automatizada, de forma integrada ao SCORE e comunicando-se com outras ferramentas de well supply. Os resultados obtidos até o momento já se refletem em aprimoramentos dos métodos e sistemas computacionais desenvolvidos, contribuindo para a qualidade e robustez dos projetos de estrutura de poço.

# Desenvolvimento de Métodos e Aplicativos Computacionais de Geomecânica Salina e Geotécnica de Poço

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

Eduardo T. Lima Jr., Beatriz R. Barboza, Catarina N. A. Fernandes, Christiano Augusto F. Várady Filho, Daniel M. Pimentel, Jennifer Mikaela F. Melo, Joab Manoel A. Santos, Joyce Kelly F. Tenório, Davi L. Ramos, Antonio Paulo A. Ferro, Flávio V. Pais, João Fyllipy L. Nunes, Luís Philipe R. Almeida, Themisson S. Vasconcelos, Carlos M. A. Tenorio, Elisama Q. S. Santos, Emanuel M. Silva, Jamerson B. Omena, João Victor G. Fernandes, Mávyla Sandreya C. Tenório, Nuno H. A. Pires, Tácio Valmir D. Almeida

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS/EDGE, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade de poços, Geotécnica de poços, Perfuração em rochas salinas

## Introdução

O presente projeto desenvolve métodos e ferramentas para gestão e análise da integridade estrutural nas fases de início de poço (instalação dos revestimentos condutor e de superfície) e perfuração de zonas salinas, permitindo a elaboração de projetos de poços de petróleo seguros e confiáveis. Este projeto contribui de forma significativa no atendimento de normativos de segurança operacional internacionais.



Figura 1: Interfaces das soluções SIMCON e SEST-SOLOS.

## Metodologia

O projeto consiste em etapas para avaliação dos parâmetros de capacidade de carga, do projeto de sistema de revestimento condutor e superfície; da integração estrutural solo-revestimento e otimização de parâmetros de dimensionamento; e da geomecânica de poços em rochas salinas e na realização de *leakoff test*. O projeto abrange diversos enfoques da análise geomecânica da fundação do poço de petróleo de forma a auxiliar a tomada de decisão do projetista estrutural durante as fases de instalação do revestimento.

## Resultados

As soluções SEST SAL, SEST SOLOS e SIMCON estão hospedadas no ambiente POÇOWEB para projetos na fase de início de poço e na perfuração de rochas salinas. Dentre as tecnologias desenvolvidas, citam-se a modelagem da cravação de bases-torpedo, técnicas alternativas de análise estrutural empregando novos fatores de segurança, modelagem da fluência primária e remalhamento para simular o alargamento do poço.

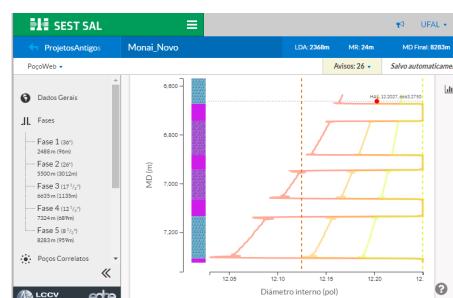


Figura 2: Interface da aplicação SEST SAL.

# 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)

Aline S. O. Neves, Andressiane G. Lino, Bruna C. Sarmento, Christian C. Oliveira, Daniel B. F. Silva, Diego F. D. Bezerra, Diogo T. Cintra, Eduardo L. S. Oliveira, Emanuel J. S. Barreto, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Kevin T. L. M. Souza, Kim R. Gama, Leonardo C. Nascimento, Lucas Diego F. Lino, Lucas H. R. O. Falcão, Maria Clara L. Barbosa, Márcio M. Ribeiro, Marlos F. Barbosa, Rayner S. Lima, Rendrikson O. Soares, Ricardo A. Fernandes, Sarah C. Nogueira, Tiago P. S. Lôbo, Thales H. R. Araujo, Walisson J. L. Araújo, Wanessa J. L. Vieira, Willyam V. Santos

## Projeto de P&D

Duração: 60 meses (Encerrado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transformação Digital, Plataforma web, Engenharia Naval e Submarina

## Introdução

O setor de petróleo e gás está em plena transformação digital, buscando otimizar processos e integrar disciplinas de forma eficiente. No entanto, no início deste projeto o desenvolvimento de projetos de engenharia na Petrobras ainda enfrentava desafios, como a comunicação não estruturada entre engenheiros e o compartilhamento de dados de maneira manual e despadronizada, elevando custos e atrasando prazos. Este projeto teve como objetivo desenvolver uma plataforma web colaborativa para integrar disciplinas e permitir que os projetistas de engenharia naval e submarina acessassem e compartilhassem dados de forma estruturada e eficiente.

## Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, o desenvolvimento foi dividido nas seguintes etapas: (i) Diagnóstico – mapeamento dos processos envolvidos na elaboração de projetos; (ii) Integração de dados – integrações entre aplicações, com a definição de padrões de dados; (iii) Plataforma – criação de dois portais e APIs para disponibilizar serviços às aplicações; (iv) Aplicações – desenvolvimento de soluções específicas para atender a finalidades particulares.

## Resultados

As entregas contemplaram: (i) o diagnóstico e mapeamento de processos nas áreas de engenharia naval e submarina; (ii) o desenvolvimento da plataforma Squid; (iii) a criação do Portal NavalWeb, com as aplicações Projetos, Estruturas, Análise de Explosão, Sistemas Navais e Metocean; e (iv) a implementação do Portal SUBWEB, com as aplicações Busca em Estoque, Suporte de Risers, twistAR, speedAR e Subsea Power, além dos dados básicos: Histórico Operacional, Banco de Acessórios, Envelopes de Qualificação e Banco de Equipamentos.



Figura 1: Tela inicial dos portais NavalWeb e SUBWEB.

# Portal SUBWEB 4.0: Visão Multigestor e Gateway de Serviços

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardo.setton@lccv.ufal.br)

Ana Luíza C. Ribeiro, Christian C. Oliveira, Daniel B. F. Silva, Diogo P. S. Amorim, Eric M. Cabral, Fábio M. G. Ferreira, Gustavo C. Rego, Kevin T. L. M. Souza, Laís C. Santos, Leandro M. Sales, Letícia B. C. Santos, Marco Antonio A. Silva, Maria Clara L. Barbosa, Marlos F. Barbosa, Mayara T. C. Ribeiro, Mirian F. Siqueira, Rayner S. Lima, Samuel Wilson L. Oliveira, Tiago P. S. Lôbo, Walnia Daysiane M. Brito

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transformação Digital, Engenharia Submarina, Integração

## Introdução

O projeto Portal SUBWEB 4.0 é parte da transformação digital da indústria de óleo e gás, em especial na área de engenharia submarina. Desde 2019, o portal vem evoluindo, integrando aplicações novas e legadas que facilitam a análise e o gerenciamento de projetos submarinos. No entanto, foi identificado o potencial para uma reutilização e maior integração de 11 das 20 aplicações desenvolvidas, além da necessidade de ampliação dos dados de engenharia nas aplicações de banco de dados e da adaptação do Portal e das aplicações ao novo ecossistema SAP para gerenciamento de ativos submarinos. Dessa forma, o objetivo deste projeto é aprimorar o Portal SUBWEB, transformando-o em um hub de dados e aplicações para a engenharia submarina, além de implementar uma visão multigestor para uma gestão centralizada eficiente.

## Metodologia

Para o desenvolvimento do projeto foram definidas as seguintes etapas: (i) levantamento de requisitos, identificando as necessidades dos usuários e funcionalidades desejadas; (ii) design de interfaces que promovam uma melhor experiência e usabilidade; (iii) desenvolvimento incremental, permitindo entregas e testes contínuos; (iv) avaliação contínua, com feedback dos usuários e ajustes conforme necessários; (v) realização de testes rigorosos para garantir a qualidade das soluções implementadas. Para a gestão do projeto será adotada a metodologia ágil de forma a aumentar a adaptabilidade e a eficiência no desenvolvimento das funcionalidades, garantindo entregas alinhadas às demandas dos usuários.

## Resultados

Os principais produtos esperados do projeto incluem: (i) entendimento das bases de dados de ativos submarinos; (ii) suporte contínuo aos módulos do Portal SUBWEB; (iii) desenvolvimento da área de Analytics no portal; (iv) implementação da área de auditoria de uso das APIs; (v) criação da área de gestão de aplicações; e (vi) desenvolvimento da central de notificações do portal.

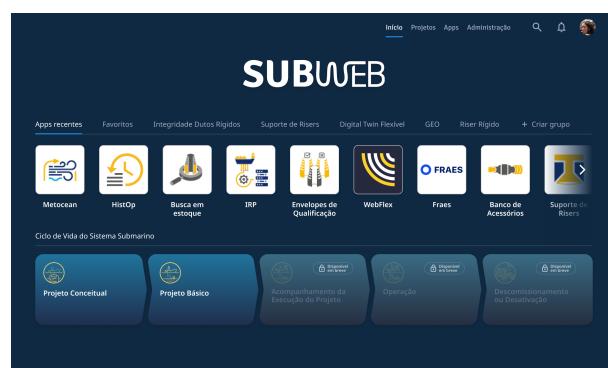


Figura 1: Protótipo do novo portal.

# GP-SUB: Gerenciamento de Projetos em Engenharia Submarina através de uma Ferramenta Interoperável de Transformação Digital

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardo.setton@lccv.ufal.br)

Aline S. O. Neves, Aline G. L. Amaral, Andressiane G. Lino, Douglas C. S. B. Torres, Emanuel J. S. Barreto, Eric M. Cabral, Gabriel C. Freitas, Gustavo C. Rego, Kim R. Gama, Leonardo C. Lyra, Lucas H. R. O. Falcão, Rendrikson O. Soares, Ricardo A. Fernandes, Sarah C. Nogueira, Tiago P. S. Lôbo, Vilker T. C. Lobo

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Transformação Digital, Engenharia Submarina, Projeto Submarino

## Introdução

A indústria de óleo e gás está em constante busca por renovação, buscando aprimorar a eficiência, produtividade e lucratividade do setor, através da transformação digital. A automação de fluxos de processos e a extração de valor de dados mais eficiente são estratégias promissoras para alcançar esses objetivos. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de aplicações na área da Engenharia Submarina, para acompanhamento e gerenciamento de projetos de engenharia conceitual de sistemas submarinos e de engenharia de dutos rígidos, e da transformação digital dos dados, proporcionando assim redução de tempo de projeto, padronização de processos, consistência e centralização de dados.

## Metodologia

O projeto se divide em cinco etapas: (i) de interface de riser.

Diagnóstico das etapas de um projeto conceitual de sistemas submarinos e de um projeto básico de dutos rígidos; (ii) Desenvolvimento de aplicação para cálculo de fadiga em boca de sino; (iii) Mapeamento e desenvolvimento de API para fluxo de processo entre disciplinas para elaboração de projetos básicos de dutos rígidos e conceitual de sistemas submarinos; (iv) Desenvolvimento dos módulos de projeto básico de dutos rígidos e de projeto conceitual de sistemas submarinos; (v) Desenvolvimento de aplicação para armazenamento de dados de equipamentos

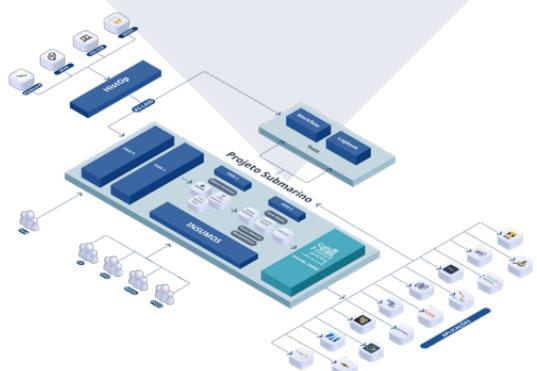


Figura 1: Fases e interfaces de um projeto submarino.

## Resultados

O serviço Workflow foi desenvolvido para modelagem dos fluxos de atividade de projeto e para dar suporte ao revisionamento de dados. Após um período de diagnóstico e mapeamento do fluxo de projeto, MVPs dos módulos de projeto foram disponibilizados aos clientes e estão em fase de homologação. Nos MVPs, o módulo de projeto conceitual abordou a EAP digital do desenvolvimento da produção e o módulo de projeto básico de dutos rígidos abordou a consolidação das premissas de projeto. A aplicação IRP para armazenamento de dados de interface riser plataforma também foi desenvolvida e já se encontra em produção em ambiente Petrobras.

# AnflexWEB: Development of a WEB Version for the Anflex Simulator

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardo.setton@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo

## R&D activity

Duração: 36 months (In progress)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Digital Transformation, Submarine Engineering, Riser Analysis

## Introdução

The AnflexWEB project is part of the digital transformation promoted by Petrobras and is integrated into the SUBWEB Portal ecosystem, which brings together various tools for Submarine Engineering. The WEB version of the Anflex tool (Figure 1) aims to optimize the performance and efficiency of the application, integrated with the SUBWEB Portal's project module and offering new features, such as modeling extensions and an SDK. With these improvements, AnflexWEB is expected to become an essential tool for the analysis of rigid and flexible risers, simplifying and speeding up the development of engineering projects in the oil and gas sector.

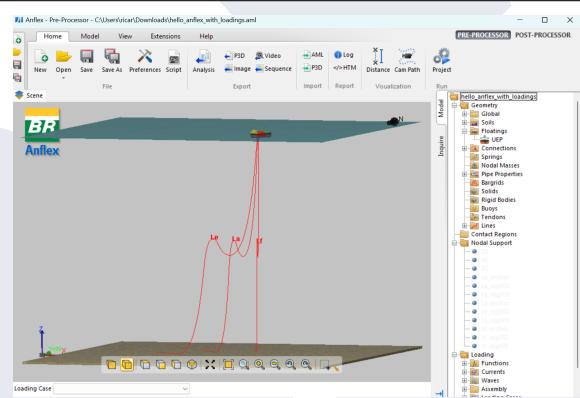


Figura 1: Anflex desktop application.

## Metodologia

To achieve the project's objectives, the following methodology is proposed: (i) requirements gathering to identify user needs and desired functionalities; (ii) creation of intuitive interfaces (UI/UX) to improve usability and user experience; (iii) incremental development with short cycles, allowing for continuous deliveries; (iv) continuous evaluation based on user feedback; (v) rigorous testing to ensure the quality of the implemented solutions. The agile approach will be adopted to increase efficiency and adaptability throughout the development process.

## Resultados

The main expected outcomes of the project include: (i) the development of extensions for generating purpose-specific analysis models, optimizing the process of creating customized models for different submarine engineering scenarios; (ii) the creation of a web tool for riser analysis, covering both pre- and post-processing, allowing for greater efficiency and integration in riser project development; and (iii) the implementation of an SDK, which exposes pre- and post-processing functionalities through high-level programming languages.

# Ferramentas Integradas para Projeto de Risers e Dutos Flexíveis

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

Hélio F. C. Peixoto, Eric B. Brito, Rayner S. Lima, Fábio M. G. Ferreira, Tiago P. S. Lobo

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Risers flexíveis, Engenharia Submarina, Transformação Digital

## Introdução

Existe um conjunto de aplicação do SUBWEB mais voltada para a engenharia de dutos flexíveis como, por exemplo, o Busca em Estoque, o HistOp (Histórico Operacional) e Banco de Acessórios. Atualmente, essas aplicações auxiliam os engenheiros da área nos projetos de reaproveitamento de tramos flexíveis (Figura 1). Contudo, o funcionamento delas é de forma estanque, ou seja, o engenheiro não consegue transitar as informações de uma aplicação na outra de forma natural, o que acarreta mais tempo para ele cumprir todo o fluxo da atividade.

Junto a isso, existe uma necessidade de criação de fluxo único para viabilizar a análise de reaproveitamento em todas as etapas: definição das especificações técnicas, análise da vida futura, análise de vida pregressa, análise de

vida remanescente, geração do relatório final de reaproveitamento.



Figura 1: Riser flexível.

## Metodologia

Para atingir os objetivos, este projeto propõe: adaptação do ecossistema existente de aplicações de dutos flexíveis; criação de novos serviços para visualização de RAO, cálculo de massa anódica de interligações e automatização da geração de modelos de análise e exportação dos modelos tratados; e criação de aplicação para projetos de reaproveitamento de riser flexível.

Para o desenvolvimento dos produtos do projeto, adotamos a metodologia ágil para aumentar a adaptabilidade e a eficiência no desenvolvimento de projetos, permitindo a rápida identificação e correção de desafios, o que resulta em entregas mais alinhadas com as necessidades do cliente e maior valor agregado. Com esta estratégia, buscamos introduzir novas funcionalidades, visando aprimorar sua usabilidade, robustez e integração com outros portais e ferramentas corporativas, resultando em maior valor agregado e otimização dos processos de Engenharia de Dutos Flexíveis.

## Resultados

O projeto iniciou em 2024 e espera-se que os primeiros resultados sejam entregues ainda neste ano de 2024, com foco na aplicação de Lista de Materiais, utilizada no processo de contratação e estruturação de interligações compostas por dutos flexíveis.

# Desenvolvimento de programa numérico utilizando o Método dos Pontos Materiais (MPM), para a simulação paralela de escorregamentos submarinos em 3-D e sua interação com equipamentos e estruturas (E-Sub3D)

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

Luciana C. L. M. Vieira, Christian F. Ruff, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Frederico S. Passos, Lorran F. Oliveira

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais, Estruturas Submarinas

## Introdução

Campos de petróleo offshore são essenciais para a exploração e produção de óleo e gás e podem estar localizados em regiões propensas a Geohazards. Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um software, denominado E-Sub3D, para simulação numérica de escorregamentos submarinos em três dimensões. Dentre as funcionalidades da ferramenta, podemos destacar: (i) a determinação de possíveis rotas de fluxo da massa deslizante; alcance e locais de deposição do escorregamento; (ii) a determinação de estruturas do campo

que serão atingidas pelo escorregamento e quantificação da força exercida sobre elas.

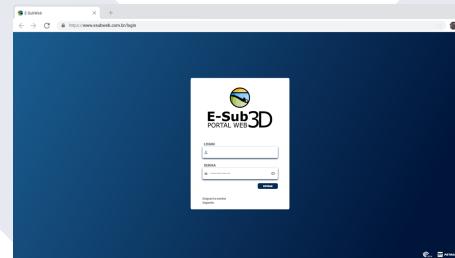


Figura 1: E-Sub3D.

## Metodologia

O MPM funciona discretizando meios contínuos em um conjunto finito de pontos materiais. Partindo da formulação desenvolvida para versão 2D do software, iremos estender todas as funcionalidades para três dimensões, com o desafio de otimizar o máximo possível o tempo de execução. A adição de mais uma dimensão ao problema aumenta significativamente as demandas computacionais. A necessidade de mais memória, largura de banda e processamento são os maiores desafios que iremos atacar. Deste modo, propomos uma solução onde o módulo de análise será executado remotamente, um frontend web, um backend para gerenciar informações e

processar resultados e um storage para armazenar resultados.

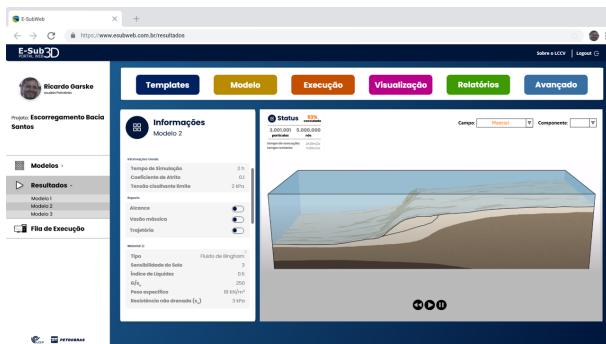


Figura 2: Recursos do software.

## Resultados

Este projeto prevê desenvolvimento de formulação matemática, de novos algoritmos de otimização, e de uma suite de softwares para viabilizar o acesso as tecnologias desenvolvidas.

# Dynasim UFAL - Modelagem computacional do comportamento de linhas de ancoragem, de produção e de alívio

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

Adeildo S. Ramos Jr., Fábio M. G. Ferreira, Gabriel R. Domingos, Heleno P. Bezerra Neto, Michele A. L. Martins, Ronaldo R. Rossi, Evilly R. H. Silveira, Milton M. G. Santos, Fábio José C. Silva Filho, Wydem L. E. Santos

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: Tecgraf/PUC-Rio e TPN/USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise dinâmica, Linhas de Ancoragem, Métodos numéricos

## Introdução

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 visa o aprimoramento do sistema computacional DYNASIM de modo a proporcionar uma melhor representatividade dos fenômenos físicos inerentes ao sistema de exploração de petróleo em águas profundas. Serão incorporadas ferramentas de

análise e projeto de linhas de ancoragem, de produção e de alívio (DOOLINES), resultando em uma melhor confiabilidade dos resultados obtidos, o que reflete em maior segurança e menor custo associados ao projeto de linhas offshore.

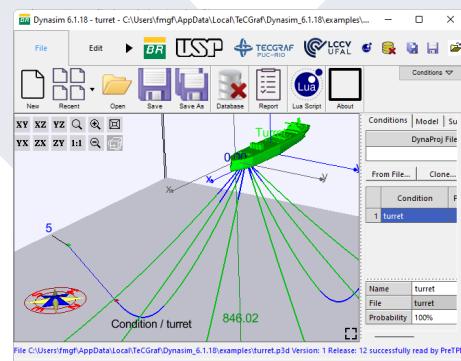


Figura 1: Dynasim.

## 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

Esperam-se resultados significativos nas seguintes frentes de trabalho: (i) reavaliação da formulação do elemento de viga corrotacional; (ii) desenvolvimento de novo modelo reológico para poliéster; (iii) avaliação do dano por fadiga em elos de amarras de linhas de ancoragem; (iv) melhoria de performance de simulações de linhas; (v) desenvolvimento de módulo de otimização de sistemas de ancoragem; e (vi) geração de *wrapper* DOOLINES para Python e Lua.

# Gestão integrada de projetos

# Modelo de gestão para o registro de incidentes de segurança

Camila Maria F. Silva (cmfs@ic.ufal.br)  
Júlia A. Pereira, Evaldo O. Braz Jr., Daniell P. Silva

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Segurança de dados, Modelo de gestão

## Introdução

Em ambientes corporativos, a segurança de dados é essencial para garantir a continuidade e integridade das operações. A ocorrência de incidentes de segurança pode comprometer seriamente a organização e uma das formas de planejar a infraestrutura e processos a fim de minimizar a incidência de tais eventos é a compreensão de suas causas, mas, para tal, é necessário manter um registro sistematizado desses eventos. No entanto, até então, o LCCV não contava com uma metodologia centralizada para essa finalidade, o que dificultava a análise sistemática e de longo prazo dos incidentes ocorridos. Desse modo, evidente é a necessidade de elaborar um modelo de gestão que permita o registro estruturado dos incidentes ocorridos no LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Incidente de segurança é um evento que compromete a integridade, confidencialidade ou disponibilidade dos sistemas de informação ou dados. Podem ser de diversas naturezas, incluindo acesso não autorizado, ataques à rede, phishing, ransomware, falhas internas e outros. Esses incidentes podem implicar vazamento de dados, perdas financeiras e de confiabilidade da organização. O modelo de registro de incidentes de segurança elaborado contempla uma série de informações que visam facilitar a identificação do incidente, tais como: tipo do incidente, onde ocorreu e em qual equipamento, descrição da constatação, quando foi reportado e o usuário que o identificou e reportou. Para cada tipo de

incidente está prevista uma ação imediata que pode ser tomada pelo usuário que constatou o incidente. Tal medida se mostra relevante pois, a depender do dia e horário do registro do incidente, a equipe de suporte pode tomar ciência somente algumas horas ou dias depois, o que pode ampliar significativamente as consequências do evento.



Figura 1: Segurança.

## Resultados

Com a implementação do modelo, espera-se obter subsídios para o planejamento de ações preventivas e mitigatórias, como, por exemplo, a criação de campanhas de conscientização voltadas aos usuários, o investimento em infraestrutura tecnológica, e a revisão e atualização contínua de procedimentos operacionais de segurança. Adicionalmente, a análise dos incidentes registrados permitirá a identificação de padrões recorrentes, orientando o desenvolvimento de novas políticas de segurança e a definição de protocolos de resposta mais ágeis e eficientes. Embora tais medidas não eliminem completamente a ocorrência de incidentes, há uma perspectiva clara de reduzir significativamente sua frequência e impacto, contribuindo para a resiliência do ambiente organizacional.

# Padrão para notificação de incidentes cibernéticos no LCCV

Higor Daniel C. Cabral ([higor@lccv.ufal.br](mailto:higor@lccv.ufal.br))

Daniell P. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CAIS-RNP/NTI-UFAL, Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Segurança cibernética, Incidentes cibernéticos, Notificação de incidentes cibernéticos

## Introdução

A notificação e o registro de incidentes cibernéticos em uma rede de computadores é fundamental para a proteção dos dados e a integridade dos sistemas. Nesse contexto, até então o LCCV não contava com um padrão definido para notificação desses incidentes, o que impactava negativamente no tempo de resposta e dificulta a notificação por parte dos mais de 180 colaboradores nos 10 projetos vigentes. A gerência descentralizada de recursos computacionais por parte desses projetos, torna fundamental o estabelecimento de padrões para tais notificações e registros. Com esse intuito, foi estabelecido o padrão de notificação para incidentes cibernéticos no LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Um incidente de segurança da informação é qualquer evento que compromete a confidencialidade, integridade ou disponibilidade dos dados em um sistema ou rede. O LCCV já conta com o Sistema de Gerenciamento de Incidentes de Segurança - SGIS, do CAIS/RNP (ver Figura 1). Para a definição do padrão de notificação de incidentes cibernéticos no LCCV, considerou-se a compatibilidade com as notificações e registros utilizados no SGIS e na Política de Segurança da Informação - PSI/NTI/UFAL. Assim, a notificação de incidentes cibernéticos no LCCV deve ser feita através do e-mail institucional e seguir o seguinte padrão: (1) Destinatário: [suporte@lccv.ufa.br](mailto:suporte@lccv.ufa.br); (2) Assunto: "[INCIDENTE], PROJETO IMPACTADO; TIPO DE INCIDENTE"; (3) Corpo do e-mail: Deve-se descrever sucintamente

o incidente ocorrido, informando, quando cabível: situação atual do incidente; IP ou lista de IPs envolvidos; ações adotadas e outros detalhes técnicos; e (4) Anexo(s): Deverão ser anexadas as informações que facilitem a análise e a resposta ao incidente, tais como: logs de servidores e/ou serviços.

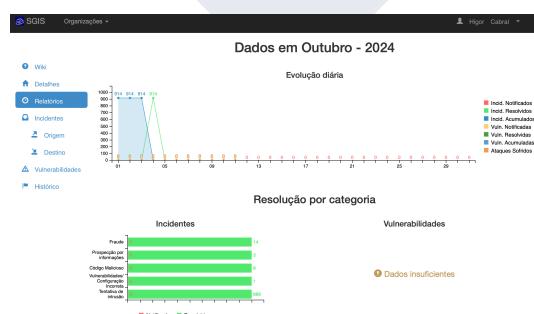


Figura 1: Relatório SGIS/LCCV outubro/24.

## Resultados

Com o estabelecimento do padrão de notificação de incidentes cibernéticos no LCCV, espera-se dar um primeiro passo para o registro interno eficiente desses incidentes. Entretanto, esforços futuros serão necessários para tornar o registro desses incidentes compatível com o ambiente integrado de gestão utilizado no laboratório, tornando mais eficaz a geração e disseminação de conhecimento por toda a comunidade que compõe o LCCV.

# Modelo de gestão para manutenção interna de equipamentos

Ghedyvan Vinícius B. Silva (gvbs@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Equipamentos de TI, Manutenção preventiva

## Introdução

Manter o parque de equipamentos de Tecnologia da Informação (TI) em pleno funcionamento é crucial para o adequado desenvolvimento das atividades de qualquer instituição. Entretanto, em decorrência do seu uso, é natural que, com o tempo, intercorrências de funcionamento possam surgir, comprometendo, assim, as atividades desenvolvidas. Para minimizar tais ocorrências, é fundamental a realização de manutenções preventivas periódicas. Porém, até então, o LCCV não possui um modelo de gestão de manutenção preventiva interna de seus computadores e periféricos. Desse modo, inconteste é a necessidade de elaborar um modelo de gestão que fomente o desenvolvimento das atividades do laboratório com o mínimo de interrupções possíveis decorrentes de falhas de seus computadores. Para tal, foi desenvolvido o modelo de gestão de manutenção preventiva interna de equipamentos de TI do LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

O modelo de gestão para manutenção interna de equipamentos que foi desenvolvido contempla a seguinte estrutura: classificação dos bens, onde os equipamentos são categorizados com base em seu tipo, sendo ele desktops, notebooks, servidores, switches, nobreaks e impressoras; a periodicidade da manutenção preventiva, que pode ser definida a partir das horas de atividade de cada equipamento, para que seja classificada em manutenção mensal, semestral ou anual; as lições aprendidas, que devem registrar as experiências adquiridas durante os processos de manutenção, através da documentação detalhada do problema, a solução implementada e recomendações para evitar recorrências; procedimentos de manutenção preventiva; materiais necessários,

como ferramentas e insumos; registro padronizado das atividades realizadas em cada equipamento e, a partir disso, comunicação automatizada para realizar a manutenção preventiva.



Figura 1: Manutenção de equipamentos.

## Resultados

Com isso, espera-se não apenas reduzir custos operacionais, mas também reduzir o número de interrupções de atividades, uma vez que equipamentos em bom estado de funcionamento são essenciais para o desenvolvimento das atividades de pesquisa. O modelo proposto, representa um avanço significativo na administração do parque tecnológico do LCCV, promovendo um ambiente mais eficiente e com poucas interrupções.

# Funcionalidade de Gestão de Conceitos do Sumé

**Giuliana C. D. Arecippo** (geda@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento, Conceitos

## Introdução

Conhecer as definições dos elementos relacionados a um dado processo constitui, dentre outros, um requisito fundamental para a tempestiva formação e habilitação de colaboradores à adequada execução do processo. Nesse sentido, o registro de termos e suas respectivas definições, bem como sua associação aos processos dos quais fazem parte, permite que a formação de novos colaboradores e sua capacitação continuada se tornem mais céleres e assertivas, reduzindo, assim, o número de inconsistências geradas nos processos. No contexto do LCCV, até então não havia ferramentas que possibilitassem o registro sistematizado de conceitos, tampouco sua associação aos processos que os envolvem, acarretando maior tempo de formação de novos colaboradores, bem como maior tempo de execução dos processos nos meses iniciais dos novos colaboradores. Nesse sentido, foi implementada a funcionalidade de gestão de conceitos no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Entende-se conceito como a relação de um termo, que representa um ente real ou abstrato, e sua respectiva caracterização. Nesse sentido, a implementação da funcionalidade foi realizada em 04 (quatro) etapas: (1) caracterização das entidades relacionadas a conceitos e suas respectivas representações no modelo relacional; (2) desenvolvimento de funcionalidade para o cadastro de conceitos e vinculação com suas respectivas palavras-chave, e consequente associação aos processos que o utilizam; (3) desenvolvimento de funcionalidade

para visualização dos conceitos associados a um dado processo; e (4) desenvolvimento de funcionalidade para consulta parametrizada de conceitos, possibilitando a consulta por termo, palavras-chave e processos associados.

Figura 1: Consulta parametrizada.

## Resultados

Com a implementação da funcionalidade de gestão de conceitos no Sumé, tornou-se possível acessar os conceitos relacionados a cada processo de trabalho, bem como realizar consultas a partir de parâmetros, como domínio de gestão, macroprocesso, palavras-chave e outros. Até o momento, constam cadastrados no Sumé 105 conceitos. Apesar disso, é fundamental que o banco de conceitos seja continuamente

incrementado e atualizado, a fim de manter sua relevância e utilidade a longo prazo.

Figura 2: Conceito.

# Funcionalidade de Lições Aprendidas do Sumé

**Giuliana C. D. Arecippo** (geda@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento, Lições aprendidas

## Introdução

No contexto da gestão do conhecimento, é importante registrar como lição aprendida os eventos que acarretam resultados indesejados, tanto a fim de evitar a sua reincidência, como para aperfeiçoar os processos, tornando-os mais eficientes e eficazes, bem como aprimorando a qualidade dos produtos por eles gerados. Nesse contexto, até então, o LCCV não contava com uma funcionalidade computacional que permitisse, de forma sistematizada, a documentação desses valiosos ativos de conhecimento que são as lições aprendidas. Desse modo, evidente foi a necessidade de desenvolver e implementar uma funcionalidade computacional que permitisse o registro de lições aprendidas, tornando-as facilmente recuperáveis e utilizáveis. Para tal, foi desenvolvida, no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, a funcionalidade de gestão de lições aprendidas, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Por lição aprendida, entende-se uma conclusão extraída a partir de uma experiência anterior e que pode ser utilizada para melhorar práticas, processos e decisões futuras no LCCV. Para garantir o seu adequado registro, foi desenvolvida a funcionalidade de gestão de lições aprendidas, que contemplou as seguintes etapas: (1) definição do modelo relacional, contemplando os atributos obrigatórios e opcionais que constituem uma lição aprendida; (2) desenvolvimento da funcionalidade relativa ao cadastro de lições aprendidas e sua associação ao processo relacionado; e (3) desenvolvimento da funcionalidade para consulta

e exibição de lições aprendidas.

Figura 1: Lista de lições aprendidas.

## Resultados

Até a implementação dessa funcionalidade, o registro de lições aprendidas se dava apenas na mente de alguns colaboradores que acompanharam a situação geradora. Porém, esse registro é extremamente volátil e se perde facilmente, o que potencializa a reincidência do evento indesejado. Com a implementação da funcionalidade de gestão de lições aprendidas, foi possível registrar de forma sistematizada as lições aprendidas decorrentes de eventos indesejados e, partir desses registros, aperfeiçoar a rotina procedural dos processos relacionados. Apesar disso, é fundamental que

a base de lições aprendidas seja continuamente incrementada e atualizada, a fim de manter sua relevância e utilidade a longo prazo.

Figura 2: Lição aprendida detalhada.

# Funcionalidade de gestão de procedimentos do Sumé

Iasmin C. Borba (icb2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Paulo Victor L. Severiano, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão de processos, Procedimentos

## Introdução

Na gestão do conhecimento, a utilização de procedimentos visa promover a padronização das ações organizacionais a fim de prover previsibilidade dos produtos gerados e dos recursos utilizados. O LCCV, até o momento, conta com 114 processos diferentes que entregam os resultados necessários à sua gestão. Entretanto, não havia uma ferramenta que permitisse o registro estruturado, centralizado e sistematizado, além da gestão dos procedimentos associados a esses processos. Com o objetivo de suprir essa lacuna, foi implementada a funcionalidade de cadastro e gestão de procedimentos no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Um procedimento é um conjunto estruturado de instruções ou etapas que descrevem a maneira correta de realizar uma determinada tarefa ou atividade dentro de uma organização. Esses procedimentos são desenvolvidos para garantir que as operações sejam executadas de forma consistente, eficiente e em conformidade com as políticas organizacionais, normas regulatórias e boas práticas. Embora o procedimento esteja associado a um processo, um único processo pode envolver diversos procedimentos. Assim, a funcionalidade implementada foi estruturada nos seguintes grupos: (1) Identificação, que abrange a descrição, o objetivo e o escopo do procedimento; (2) Quem, que identifica os papéis de trabalho envolvidos na execução do procedimento; (3) Como, que descreve os recursos necessários para a execução, abrangendo tanto recursos físicos quanto informacionais, além das instruções a serem executadas; e (4) Verificação, que descreve os critérios de aceitação dos produtos gerados

pelo procedimento, os pontos de verificação e as medidas a serem tomadas em casos de exceção e desvios.

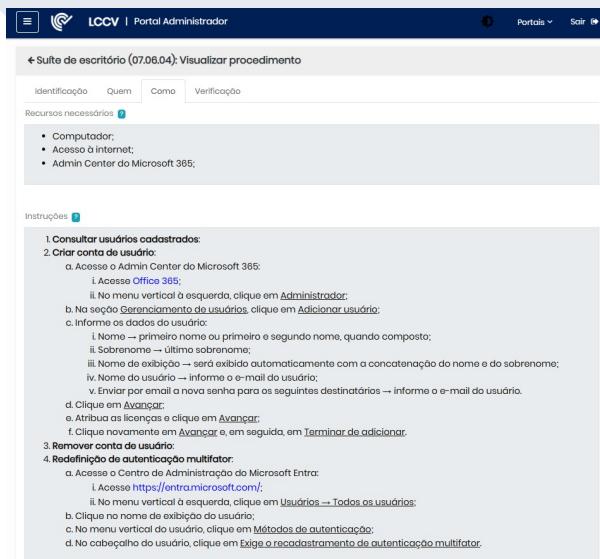


Figura 1: Procedimento.

## Resultados

Até então, foram cadastrados 12 procedimentos, de 10 processos diferentes, que promoveram o aumento da eficiência operacional, redução de erros e retrabalhos, e uma cultura de melhoria contínua. No entanto, esforços futuros são necessários no sentido de ampliar essa base de conhecimento a fim de gerar os resultados esperados para esse tipo de ativo de conhecimento.

# Árvores de decisão como ferramenta de gestão do conhecimento

**Caio Victor R. P. Silva** (cvrps@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento, Gestão de processos, Árvores de decisão

## Introdução

No contexto da gestão do conhecimento, árvores de decisão são utilizadas para auxiliar na resolução de problemas complexos. Até então, o conhecimento relacionado à resolução de problemas administrativos complexos no LCCV estava concentrado na mente de poucos colaboradores, o que pode acarretar perda desse conhecimento, bem como dificuldades em sua recuperação e transmissão e, consequentemente, morosidade na resolução dos problemas. Nessa conjuntura, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não contava com uma funcionalidade que permitisse o registro e a recuperação de árvores de conhecimento relativas a questões relacionadas aos seus processos. Com a finalidade de sanar essa lacuna, foi desenvolvida a funcionalidade de gestão de árvores de decisão, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Para o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, uma árvore de decisão é entendida como um ativo de conhecimento que guia o usuário do sistema no processo de resolução de problemas. Nesse sentido, para permitir o acesso às árvores de decisão dos processos geridos pelo sistema, foi desenvolvida e implementada uma ferramenta composta por um sistema interativo de quizzes estruturados em conjuntos de perguntas, respostas e feedbacks. Por fim, o acesso a essas árvores é realizado a partir da listagem de processos no

Portal Administrador.

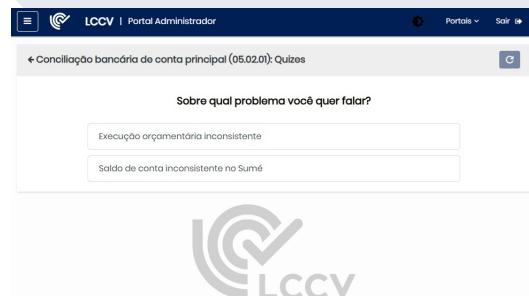


Figura 1: Seleção de árvore de decisão de um processo.

## Resultados

Com a implementação da funcionalidade de árvore de decisão no Sumé, tornou-se possível institucionalizar o conhecimento administrativo referente a problemas antes presente apenas na mente de alguns colaboradores, além de proporcionar uma resolução mais ágil, consistente e assertiva de problemas. Para isso, é crucial que a base de dados de árvores de decisão seja constantemente revisada e expandida.

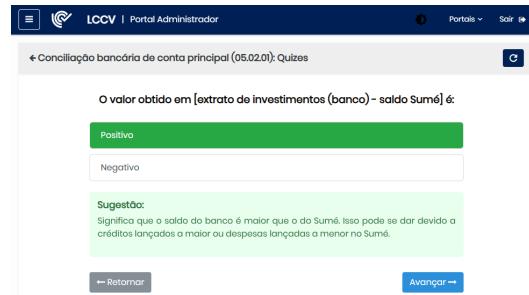


Figura 2: Questão da árvore de decisão.

# Cadastro de ordem de fornecimento ou serviço a partir de requisições de compras diversas

**Caio Victor R. P. Silva** (cvrps@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Logística, Suprimentos, Sistemas de informação

## Introdução

No contexto do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, o cadastro de uma ordem de fornecimento ou serviço era realizado apenas a partir de uma requisição de compras. Entretanto, a fundação de apoio pode gerar uma ordem a partir de requisições de compras diversas, acarretando a necessidade de ajustes nos registros por parte da equipe de desenvolvimento. Com a finalidade de otimizar esse processo, foi desenvolvida a funcionalidade de cadastro de ordens de fornecimento ou serviço a partir de requisições de compras diversas, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

No contexto do LCCV, ordem de fornecimento ou serviço é um documento emitido pela fundação de apoio no qual formaliza a notificação a um fornecedor e autoriza a entrega de produtos ou a execução de serviços contratados. No fluxo padrão de ordens do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, uma ordem de fornecimento ou serviço é gerada quando da vinculação de um ou mais itens de uma requisição de compra, e esse processo se dá no contexto da requisição de compras. Para atender a necessidade de vincular itens de requisições diversas a uma mesma ordem, as regras de negócio do processo ordem de fornecimento ou serviço foram ajustadas de forma a permitir a visualização de itens de requisições de compras não concluídas e ainda não vinculados cujos fornecedores vencedores tenham

sido o mesmo da ordem criada. Em seguida, foram implementados ajustes na interface de programação da aplicação (API) de forma a contemplar essas regras. Por fim, foi desenvolvida a funcionalidade de adicionar itens de requisições diversas a uma ordem já existente. Nessa funcionalidade, são listados todos os itens de requisições de compra com propostas aceitas do mesmo fornecedor da ordem, com uma ação para adicionar esses itens à ordem.

Ordem de serviço #45/2023					
Itens / Itens		Detalhamento para visualização			
#	Produto	Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1	Impressora comum	Impressora comum	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
2	Impressora comum	Impressora comum	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
3	Impressora comum	Impressora comum	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
4	Impressora comum	Impressora comum	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Visualizar					
#	Produto	Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total
	Computador desktop de alta disponibilidade	Computador desktop de alta disponibilidade	1	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00

Figura 1: Itens de uma ordem.

## Resultados

Com a implementação dessa funcionalidade, o cadastro de ordens de fornecimento/serviços oriundas de requisições diversas passou a ser realizado de forma sistematizada e célere, dispensando ajustes outrora necessários por parte da equipe de desenvolvimento. Além disso, a funcionalidade permitiu que todas as ordens atendessem o fluxograma do processo de requisição de compra.

# Modelo de changelog de versões do Sumé

**Victor Luygg M. Santos** (victor.santos@lccv.ufal.br)  
 Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**  
 Duração: 48 meses (Em andamento)  
 Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Versionamento, Changelog, Incrementos

## Introdução

No contexto de desenvolvimento de sistemas, o changelog de versões de um software é um importante artefato para ajudar usuários e desenvolvedores a acompanhar a evolução da aplicação ao longo do tempo. Até então, o processo de desenvolvimento do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé do LCCV não contava com um modelo de registro de changelogs formalizado, o que restringia o conhecimento dos usuários acerca das novas funcionalidades criadas no sistema, e, consequentemente, limitava os ganhos de performance processual esperados com o uso dessas funcionalidades. Dessa forma, a fim de garantir o uso devido de novas funcionalidades no Sumé, a definição de um modelo de changelog que possibilitasse aos usuários uma melhor visualização da evolução do sistema se demonstrou necessária. Nesse sentido, foi desenvolvido um modelo de changelog que atendesse às necessidades do Sumé, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Considera-se changelog o documento destinado ao usuário de um sistema e seus desenvolvedores no qual se registram, de forma clara e sucinta, todos os incrementos nele realizados, agrupados por versão. Além disso, o changelog deve conter as informações relativas ao processo de desenvolvimento que gerou os incrementos. Entende-se incremento como uma alteração realizada no sistema, que pode ser dos tipos: adicionado, modificado, obsoleto, removido, corrigido e de segurança. Nesse sentido, o modelo de changelog proposto foi criado considerando: (1) sua identificação e caracterização, com o número da versão estruturado em major, minor e patch (ex.: v1.2.3), a data de seu lançamento, a sprint de desenvolvimento relacionada e observações gerais; e (2) seus incrementos, caracterizados a partir de

uma descrição, de seu tipo, sua descrição, sua localização no sistema, o motivo de sua realização e o público-alvo a que se destina.

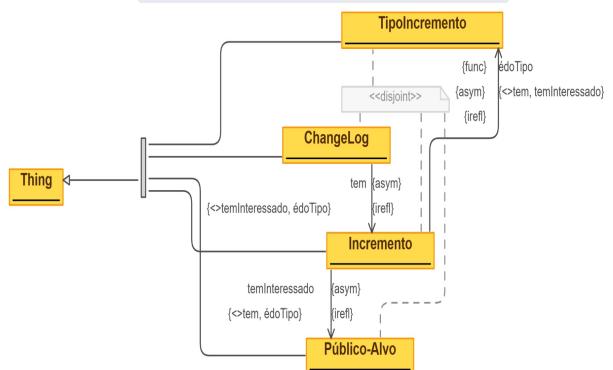


Figura 1: Representação da ontologia.

## Resultados

Com a criação do modelo de changelog, tornou-se possível padronizar os registros dos incrementos realizados no Sumé, de modo a facilitar sua apropriação por parte dos usuários do sistema. Apesar disso, ressalta-se a necessidade de desenvolver funcionalidade computacional que, a partir do modelo proposto, torne público o changelog da aplicação. Com isso, espera-se maior apropriação das novas funcionalidades por parte dos usuários, proporcionando maior conformidade e performance processual.

# Geração automatizada de folha de pagamento de pessoal no Sumé

Iasmin C. Borba (icb2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Paulo Victor L. Severiano, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão de pessoas, Tomada de decisão

## Introdução

A gestão eficiente de folhas de pagamento de pessoal é um componente essencial para o funcionamento de qualquer organização, pois está intrinsecamente ligada ao cumprimento de obrigações trabalhistas. Entretanto, até então, o registro da folha de pagamento de pessoal e seus respectivos relacionamentos com os componentes colaboradores, orçamento e finanças dos projetos se dava de forma manual e não integrada, o que demandava maior tempo do pessoal administrativo e estava sujeito a inconsistências, podendo gerar informações intempestivas e inconsistentes e, com isso, comprometer o processo de tomada de decisão relativo a processos como: admissões, desligamentos, migrações, aplicação de dissídio, reformulação orçamentária, uso de rendimentos e prestação de contas. Portanto, é inegável a necessidade de implementar uma funcionalidade que possibilitasse o processamento eficiente de folhas de pagamento, garantindo a tempestividade e a integridade das informações geradas. Para tal, foi desenvolvida uma funcionalidade de geração automatizada de folha de pagamento no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

No contexto da gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento do LCCV, os salários e os encargos são calculados e pagos pela fundação de apoio. Assim, no âmbito do LCCV, a folha de pagamento de pessoal tem um caráter gerencial e consiste no documento que lista o salário bruto, os encargos de recolhimento mensal, as provisões e o Fundo de Corertura do Passivo Trabalhista (FCPT). Assim, para implementar a funcionalidade de geração automática de folha de pessoal, foi realizada uma alteração arquitetural para incluir o item orçamento na equipe do projeto. Em seguida, foi definida uma rotina para a criação automatizada da folha de pagamento com base em parâmetros específicos, tais como o tipo da folha, o projeto, a competência e a data de pagamento. Uma vez gerada a folha de pessoal, a

realização do pagamento da folha desencadeia uma série de ações automatizadas, incluindo o registro do valor total como movimentação financeira na conta do projeto, a atualização da execução orçamentária com base nos pagamentos realizados, a atualização do histórico de recebimentos de cada colaborador e, para folhas do tipo CLT, o registro dos passivos trabalhista.

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS					
		LABORATÓRIO DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA E VISUALIZAÇÃO					
		Projeto: MMH-2					
		Tipo: Folha de pagamento: CLT/MENSA					
		Prazo: 30/06/2024					
		Competência: 07/2024					
		Data: 2024-07-02 de Agosto de 2024					
		Observações:					
<b>Colaboradores</b>							
#	Nome	Tipo de remuneração	Salário	Rec. Mensal	Provisão	FCPT	Total
1		CLT/Bacen-mesário - Ano 2	16.876,88	4.687,79	597,95	427,59	21.092,60
2		Professional Júnior 20h - Salário 2	5.095,84	1.993,32	227,09	189,32	12.299,29
3		Professional Senior 20h - ano 2	9.425,00	3.984,11	395,06	334,83	22.743,64
4		Professional Doublet I - Ano 2	15.275,04	5.493,45	621,45	543,98	21.774,49
<b>Total</b>			47.827,95	16.452,09	1.792,54	1.524,47	71.574,46

Figura 1: Folha de pagamento.

## Resultados

Com a implementação da funcionalidade de geração automatizada de folha de pagamento de pessoal no Sumé, espera-se obter uma redução significativa no tempo despendido nesse processo, menor número de inconsistências e retrabalhos.

# Rotina automatizada de verificação de conformidade de dados cadastrais

**Paulo Victor L. Severiano** (pvls2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Experiência de usuário, Banco de dados, Otimização

## Introdução

A fundação de apoio e o LCCV possuem diversas regras que regem o cadastro dos colaboradores e seus respectivos vínculos com a instituição. A desconformidade desses cadastros pode acarretar diversos problemas, a exemplo da prestação de contas. Manter uma base de dados atualizada, com dados consistentes e em conformidade com as regras estabelecidas é essencial para obter informações íntegras, visando auxiliar na tomada de decisões dos administradores. No entanto, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não possuía, de forma centralizada, uma ferramenta que permitisse a verificação de inconsistências e inconformidades no cadastro dos colaboradores do LCCV. Essa ausência tornava a verificação dos dados morosa, visto que necessitava de recursos humanos para realizar a avaliação. Nesse sentido, é evidente a necessidade de implementar soluções que permitam o acompanhamento da consistência e conformidade dos dados dos colaboradores do LCCV. Com esse objetivo, foi implementada uma rotina automatizada de verificação de conformidade e consistência de dados cadastrais dos colaboradores no Sumé, cuja apresentação constitui o foco deste resumo.

## Metodologia

Inicialmente, foram mapeadas as regras que os dados dos colaboradores precisam estar em conformidade. Em seguida, foi criado um roteiro de checagem, possuindo verificações como a de colaboradores ativos sem vínculos vigentes em projetos, colaboradores inativos sem data de desligamento informada, colaboradores ativos com dados acadêmicos divergentes, e que será executado para cada colaborador cadastrado no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé. Posteriormente, foi implementado um *script* na aplicação de *backend* do sistema, a fim de automatizar as consultas, que gera um arquivo do tipo *JSON* contendo as desconformidades encontradas, separada de forma individual para cada colaborador. Por fim, foi criada uma rotina

automática, com a ferramenta Django Crontab, que envia, semanalmente, o arquivo *JSON* criado para a secretaria do LCCV, mantendo a lista atualizada e permitindo quantificar as inconsistências resolvidas ao longo do tempo.

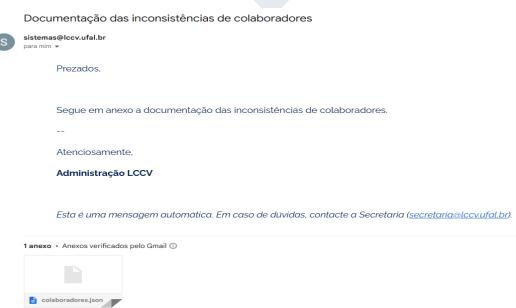


Figura 1: E-mail contendo a lista de inconsistências.

## Resultados

A implementação das rotinas de checagem de conformidade cadastral de colaboradores permitiu a redução de, até a data de criação deste resumo, aproximadamente, 40% das inconsistências nos cadastros pela equipe de administradores do LCCV. Esforços constantes são necessários a fim de zerar a quantidade de desconformidades no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé.

# Rotina automatizada de verificação de conformidade das equipes de projetos

**Paulo Victor L. Severiano** (pvls2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Experiência de usuário, Banco de dados, Otimização

## Introdução

A fundação de apoio e o LCCV possuem diversas regras que regem o cadastro das equipes dos projetos. A desconformidade desse cadastro pode acarretar diversos problemas, a exemplo da prestação de contas. Manter uma base de dados atualizada, com dados consistentes e em conformidade com as regras estabelecidas é essencial para obter informações íntegras e céleres, visando auxiliar na tomada de decisões dos administradores. No entanto, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não possuía, de forma centralizada, uma ferramenta que permitisse a verificação automatizada de inconsistências nos dados relativos às equipes dos projetos do LCCV. Essa ausência tornava a verificação dos dados morosa, visto que necessitava de recursos humanos para realizar a avaliação. Nesse sentido, é evidente a necessidade de implementar soluções que permitam a verificação de consistência e de conformidade de forma célere. Com esse objetivo, foi implementada, no Sumé, uma rotina automatizada de verificação de conformidade e consistência dos dados relativos às equipes dos projetos do LCCV, cuja apresentação constitui o foco deste resumo.

## Metodologia

Inicialmente, foram mapeadas as regras que os dados das equipes de projeto precisam estar em conformidade. Em seguida, foi criado um roteiro de checagem, possuindo verificações de datas de vínculo fora da vigência do projeto, recibos de bolsa pendentes de assinatura e documentação ou dados de vínculo ausentes e ou inconsistentes, que será executado para cada vínculo cadastrado no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé. Posteriormente, foi implementado um *script* na aplicação de *backend* do sistema, a fim de automatizar as consultas, que gera um arquivo do tipo *JSON* contendo as desconformidades encontradas, separada de forma individual para cada projeto. Por fim, foi criada uma rotina

automática, com a ferramenta Django Crontab, que envia, semanalmente, o arquivo *JSON* criado para a secretaria do LCCV, mantendo a lista atualizada e permitindo quantificar as inconsistências resolvidas ao longo do tempo.

```

Django REST framework
Verifica consistencia
GET /api/projeto/lembretes/verifica_consistencia/
HTTP 200 OK
Allow: GET, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept
{
    "Projetos": [
        {
            "id": 1,
            "Nome": "Projeto A",
            "Data": "2023-01-01",
            "Equipe": [
                {
                    "Nome": "Silva, Daniell",
                    "Data": "2023-01-01"
                },
                {
                    "Nome": "Ferreira, Neto",
                    "Data": "2023-01-01"
                }
            ]
        }
    ],
    "Inconsistencias": [
        {
            "Projeto": "Projeto A",
            "Equipe": "Silva, Daniell",
            "Mensagem": "Data de vínculo inconsistente"
        },
        {
            "Projeto": "Projeto A",
            "Equipe": "Ferreira, Neto",
            "Mensagem": "Data de vínculo inconsistente"
        }
    ]
}

```

Figura 1: Lista de inconsistências.

## Resultados

A implementação das rotinas de checagem de conformidade cadastral da equipe dos projetos permitiu a redução de, até a data de criação deste resumo, aproximadamente, 30% das inconsistências pela equipe de administradores do LCCV. Esforços constantes são necessários a fim de zerar a quantidade de desconformidades no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé.

# Uso de views materializadas como mecanismo de melhoria de performance

**Paulo Victor L. Severiano** (pvls2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

Atividade de P&D, Ciência da computação

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Experiência de usuário, Banco de dados, Otimização

# Introdução

No contexto da administração de projetos, é essencial obter informações completas e rápidas para auxiliar o processo de tomada de decisões. Entretanto, a geração de informações a partir de um volume massivo de dados utilizando o Mapeamento Objeto-Relacional (ORM) do framework Django, utilizado como aplicação backend no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, requer um maior tempo de processamento. Essa morosidade compromete, principalmente, a experiência do usuário. Assim, fica evidente a necessidade de implementar tecnologias que permitam a recuperação de informações de forma completa e rápida, agilizando a tomada de decisão dos administradores e evitando comprometer a experiência dos usuários. Com esse objetivo, foram implementadas views materializadas no banco de dados, cuja apresentação constitui o foco deste resumo.

## Metodologia

View materializada é uma tecnologia utilizada em bancos de dados para melhorar o desempenho das consultas, uma vez que armazena fisicamente os dados resultantes da consulta em uma tabela no banco de dados, o que permite que as consultas subsequentes sejam muito mais rápidas, já que os dados não precisam ser recalculados cada vez que a view é acessada. Inicialmente, foram mapeadas as consultas que haviam necessidade de otimização, e, em seguida, foram escritas views materializadas com consultas equivalentes na linguagem SQL. Feito isso, na aplicação Django, foi criado um objeto da classe Model para cada view, com atributos compatíveis aos retornados por ela, com as opções `db_table` indicando a localização da view no banco de dados e `managed` definida como falsa, uma vez que não há necessidade do ORM

do Django criar essa tabela no banco de dados. Além disso, foi criado um Model para armazenar o log de atualizações para cada view. Por fim, foi criada uma rotina automática, no CRON do sistema operacional, de atualização para cada view que, além de atualizar os dados recuperados por ela, é adicionada uma nova instância de log.

Figura 1: Exemplo de código de view materializada.

## Resultados

A implementação das views materializadas permitiu que informações que demoravam cerca de 6.4 segundos para serem obtidas, sejam recuperadas em cerca de 0.18 segundo, resultando num ganho aproximado de 3.500%. Essa otimização agiliza a tomada de decisão e melhora consideravelmente a experiência do usuário.

# Funcionalidade de histórico de alterações como instrumento de integridade no Sumé

**Paulo Victor L. Severiano** (pvls2@ic.ufal.br)

Daniell P. Silva, Victor Luygg M. Santos

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Integridade, Rastreabilidade

## Introdução

No contexto de sistemas de informação, manter um registro das alterações realizadas pelos usuários é essencial para assegurar a rastreabilidade, auditoria, segurança e integridade dos dados armazenados. No entanto, o Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não possuía uma ferramenta para registrar o histórico de modificações, podendo acarretar problemas de segurança e integridade dos dados, além de reduzir a confiabilidade do sistema. Nesse sentido, é evidente a necessidade de implementar uma ferramenta que permita o registro do histórico completo de alterações, possibilitando reverter dados para versões anteriores e que cada usuário possa ser responsabilizado por suas ações, desencorajando comportamentos inadequados. Com esse objetivo, foi implementado um log de alterações no Sumé, cuja apresentação constitui o foco deste resumo.

## Metodologia

A manutenção de um log de alterações visa assegurar o atendimento dos pilares integridade e autenticidade do Programa de Privacidade e Segurança da Informação (PPSI), instituído pela Portaria SGD/MGI 852/2023. Inicialmente, foram mapeados os objetos que haviam necessidade de manter o histórico de alterações realizadas pelos usuários. Em seguida, foi criado um *model* para armazenar os logs de alteração das instâncias, contendo uma lista com os campos alterados, o usuário e a data de alteração. Posteriormente, foram criados métodos

que retornassem as alterações e as armazenasse no *model* criado. Por fim, foi implementada uma consulta parametrizada do histórico, visando controle da gestão sobre o que foi alterado.

Logs - Log de alterações					
Selecione dados do modelo para modificar					
Ação:	Buscar	(0 resultados)	0 de 100 resultados		
<input type="checkbox"/> Ativado	Objeto:	Caesar 2 - Paulo	atualizado	DATA DA ALTERAÇÃO	
<input type="checkbox"/> Equipes de Projeto	SC2024-72 - Salgado	Sempre	14 de Outubro de 2024		
<input type="checkbox"/> Equipes de Projeto	SC2024-72 - Leme	Sempre	14 de Outubro de 2024		
<input type="checkbox"/> Equipes de Projeto	SC2024-72 - Roque	Sempre	14 de Outubro de 2024		
<input type="checkbox"/> Equipes de Projeto	SC2024-72 - João	Sempre	14 de Outubro de 2024		

Figura 1: Lista de logs de alteração.

Equipes de Projetos - CAESAR 2 - Paulo	
Usuário:	Santos
Data de alteração:	14 de Outubro de 2024
Alterações:	• O campo firm_vigencia foi alterado de 2025-04-30 para 2024-10-31
Model:	Equipes de Projetos
Objeto:	CAESAR 2 - Paulo

Figura 2: Instância de log de alteração.

## Resultados

A implementação do histórico de modificações permitiu a rastreabilidade das alterações, sendo possível restaurar versões anteriores dos dados. Além disso, a análise de logs ajudou a compreender o comportamento dos usuários, o que culminou na conscientização para a adoção de boas práticas no uso do Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé.

# Indicador de Tempo Médio de Conclusão de Prestação de Contas

Bárbara A. Duarte (barbara.duarte@ctec.ufal.br)

Daniell P. Silva

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Processos de trabalho, Avaliação de desempenho, Indicadores de performance

## Introdução

Uma organização atende o seu público por meio do produto de seus processos. Assim, quanto mais eficientes forem esses processos melhor atendido será o seu público. No caso do LCCV, uma das necessidades de seus financiadores é a adequada e tempestiva prestação de contas de seus projetos. Entretanto, até então, o LCCV não contava com um modelo de indicadores de prestação de contas, o que dificultava a medição de desempenho desse processo, podendo acarretar atraso no repasse de recursos financeiros. Assim, inconteste é a necessidade de se propor um modelo de indicador a fim de monitorar o desempenho dos processos de prestação de contas e, com isso, melhorar continuamente esse processo. Para tanto, foi proposto o modelo de indicador para medir a performance do processo de prestação de contas do LCCV, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Um indicador de desempenho é composto por: medidas e dimensões, métricas e metas, conforme descrito no resumo "Modelo de Mensuração de Desempenho de Processos do LCCV". Para compor o Indicador de Tempo Médio de Conclusão de Prestação de Contas (ITMCPC) foram utilizadas duas medidas: **M1**, correspondente ao tempo de conclusão de cada prestação de contas; e **M2**, representando a quantidade de prestações de contas finalizadas. A Métrica de Tempo Médio de Conclusão de Prestação de Contas (MTMCPC) foi calculada por meio da aplicação da seguinte fórmula:

$$MTMCPC = \frac{\sum_{i=1}^n M1_i}{M2}$$

A meta estabelecida para a métrica foi de 30 dias, o que define o tempo ideal para a conclusão de cada

prestação de contas, podendo ser interpretada de forma que, quanto menor o tempo médio de conclusão, melhor o desempenho. Assim, definiu-se que as medidas e o respectivo cálculo das métricas serão realizados trimestralmente. A partir de cada cálculo das métricas e a sua consequente avaliação, deve ser procedido o registro da série histórica desse indicador.



Figura 1: ITMCPC.

## Resultados

A partir da implementação do ITMCPC, espera-se uma avaliação contínua, assertiva e factual do real desempenho do tempo de conclusão das prestações de contas e, caso constatados resultados insatisfatórios, a implementação de medidas de forma tempestiva a fim de reverter tais resultados. Entretanto, esforços futuros serão necessários a fim de implementar funcionalidades computacionais no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé que visem a obtenção automática das medidas envolvidas, o respectivo cálculo da métrica e a sua consequente avaliação.

# Funcionalidade de documentação de processos do Sumé

**Juana B. L. R. Palma** (juana.palma@ctec.ufal.br)

Glenda Gabrielle G. Oliveira, Marcos A. Inácio Jr., Samuel Mateus S. Nascimento, Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**, Administração

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão por processos, Cadeia de valor

## Introdução

Qualquer organização, independente da sua área de atuação ou natureza, é criada para atender as necessidades de um público-alvo. Tais necessidades são atendidas por meio da criação de produtos e serviços que são produzidos através dos processos dessas organizações. Dessa forma, quanto mais uniformes, padronizados e eficientes forem esses processos, melhor será a entrega de valor ao público-alvo da organização. Assim, a documentação surge como um mecanismo para padronizar a execução de processos e garantir a uniformidade dos produtos por eles gerados. Logo, é importante prover ferramentas que proporcionem o registro de tal documentação. Até então o LCCV não contava com uma funcionalidade que permitisse a documentação sistematizada e estruturada de seus processos, o que acarretava, eventualmente, a não uniformidade de execução. Assim, evidente é a necessidade de suprir essa lacuna por meio de uma funcionalidade que permitisse essa documentação de forma sistematizada, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Por documentação de processos entende-se o registro estruturado das etapas e responsabilidades de um processo organizacional, visando facilitar a compreensão, padronização e melhoria contínua das atividades. Nesse contexto, a funcionalidade implementada foi estruturada nos seguintes grupos: (1) Identificação, que abrange o domínio de gestão, macroprocesso, classificação e periodicidade do processo; (2) Produtos, que lista os produtos gerados pelo processo; (3) Fornecedores, que relaciona os processos que fornecem produtos que servirão como insumos do processo documentado; e (4) Clientes, que

relaciona os processos que consumirão os produtos providos pelo processo documentado.



Figura 1: Processo documentado.

## Resultados

Com a utilização da funcionalidade de documentação de processos no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé foi possível documentar de forma estruturada a rotina administrativa do laboratório. Isso tem possibilitado aos colaboradores do time administrativo do LCCV o desenvolvimento de uma visão sistêmica da atuação do LCCV, uma vez que percebem mais facilmente a relação entre os processos de suporte até a entrega de valor, ou seja, a formalização da cadeia de valor do laboratório.

# Cadastro de nota fiscal a partir de ordens diversas

**Thiago Rogério F. Santos** (thiago.santos@feac.ufal.br)  
Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**, Administração  
Duração: 48 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Logística, Suprimentos, Sistemas de informação

## Introdução

Até então, o cadastro de uma nota fiscal no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé se dava a partir de uma única ordem de fornecimento ou serviço. Porém, quando um fornecedor vence diversas compras, a fundação de apoio junta essas compras em uma única ordem, o que não era previsto no Sumé e acarretava a necessidade de intervenções da equipe de desenvolvimento para realizar o cadastro das notas, tornando o processo mais moroso. Desse modo, tornou-se indispensável aperfeiçoar a funcionalidade de cadastro de notas fiscais de modo a permitir a vinculação de itens de ordens de fornecimento/serviço diversas, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Entende-se por ordem, que pode ser de fornecimento ou serviço, o documento por meio do qual a fundação de apoio formaliza a notificação ao fornecedor/prestador de serviços para que inicie a entrega ou execução do serviço que é objeto da aquisição/contratação. Funciona como garantia de que existem recursos financeiros necessários ao pagamento do compromisso assumido. Já nota fiscal se refere a um documento que comprova a venda de bens ou serviços, detalhando o vendedor, o comprador, os itens vendidos, os preços, os impostos e as condições de pagamento. Nesse sentido, a funcionalidade de cadastro de notas fiscais foi atualizada a fim de permitir o vínculo de itens de ordens diversas a uma única nota fiscal.

Inicialmente, a nota fiscal é cadastrada a partir de uma dada ordem. Uma vez cadastrada a nota fiscal, é possível acessar os seus itens e adicionar itens de outras ordens emitidas para o mesmo fornecedor/prestador, porém essa ação somente é possível quando a nota fiscal está no fluxo 410 - Em avaliação de conformidade.

Notas fiscais					
	Fornecedor	Número	Status	Valor	Ações
1	CRAFTI Serviços Inteligentes de Informática	2590/2024	401 - Em avaliação de conformidade	R\$ 100,00	
2	Gmores Telecom (350)	1020/2024	401 - Em avaliação de conformidade	R\$ 120,00	
3	Gmores Telecom (350)	1080/2024	401 - Em avaliação de conformidade	R\$ 120,00	
4	Gmores Telecom (350)	1021/2024	401 - Em avaliação de conformidade	R\$ 100,00	
5	Prime Consultoria e Assessoria Empresarial (350)	2290/03/2024	401 - Em avaliação de conformidade	R\$ 0,00	
Total					R\$ 540,00

Figura 1: Lista de notas fiscais.

## Resultados

A atualização da funcionalidade de cadastro de notas fiscais no Sumé simplificou o processo ao permitir a vinculação de itens de múltiplas ordens de fornecimento ou serviço. Isso eliminou a necessidade de intervenções frequentes da equipe de desenvolvimento, resultando em um processo mais ágil e eficiente. A Implementação das novas regras de negócio e requisitos funcionais garantiu que o sistema agora suporte de forma eficaz as operações da fundação de apoio, contribuindo para uma gestão mais integrada e otimizada das

compras e serviços.

Nota fiscal 2590/2024 - CRAFTI Serviços Inteligentes de Informática					
Nota Fiscal / Itens					
Disponíveis para vinculação					
#	Produto	Ordem	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1	Headphone com microfone	OF 2093/2024	5	R\$ 230,00	R\$ 1150,00

Vinculados					
#	Produto	Ordem	Quantidade	Valor unitário	Valor total
1	Cabo HDMI 5m	2100/2024	5	R\$ 32,00	R\$ 160,00

Figura 2: Vínculo de itens a uma nota fiscal.

# Looker Studio como ferramenta para construção de painéis de monitoramento

**Regis S. Coelho** (regis.coelho@lccv.ufal.br)

Daniell P. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Monitoramento, Tomada de decisão

## Introdução

Dados íntegros, precisos e tempestivos constituem um valioso subsídio para o processo de tomada de decisão. Uma das formas de prover contexto a esses dados é o uso de painéis de monitoramento, que permitem a criação de visualizações sistematizadas e, com isso, torna mais eficiente o processo de tomada de decisão. Contudo, até então, o LCCV não dispunha de uma ferramenta que permitisse a construção de painéis de monitoramento que o auxiliasse no monitoramento de seus processos. Tendo este propósito em mente, inconteste é a necessidade de implementar uma ferramenta que permitisse a construção de painéis de monitoramento que, além de apoiar o gerenciamento de seus processos, possibilitessem a prestação de contas de suas atividades à sociedade. Para tal, foi implementado o Looker Studio como ferramenta para construção e publicação de painéis de monitoramento, cuja apresentação constitui o objetivo deste resumo.

## Metodologia

Um painel de monitoramento é composto por um conjunto de indicadores e/ou métricas e esses, por sua vez, são formulados a partir de medidas e dimensões, cujas definições estão descritas no resumo "Modelo de Mensuração de Desempenho de Processos do LCCV". O Looker Studio é uma ferramenta gratuita de business intelligence (BI) do Google que permite a análise e visualização de dados, a criação de relatórios e painéis de monitoramento. A partir do Looker Studio, é possível acessar fontes de dados externas, como: planilhas, banco de dados e APIs. Com isso, visualizações gráficas diversas podem ser

adicionadas, fontes de dados mescladas, métricas calculadas e filtros adicionados e combinados. Por fim, os painéis de monitoramento construídos podem ser configurados para acesso restrito à organização ou de acesso público.



Figura 1: Perfil de colaboradores.

## Resultados

Até então, foram construídos e publicados os seguintes painéis de monitoramento: suprimentos, que contempla o monitoramento das requisições de compras, ordens de fornecimento e serviço, notas fiscais, e viagens; colaboradores, que exibe o perfil geral da equipe do LCCV; orçamento, que monitora a captação de RCI; conhecimento, que monitora a criação de ativos de conhecimento; infraestrutura, que monitora os bens móveis do

LCCV.

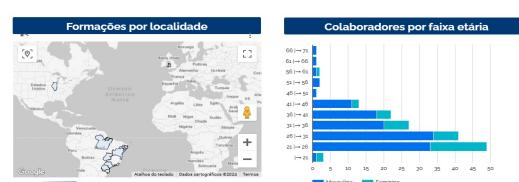


Figura 2: Perfil de colaboradores.

# Modelo de Estratégia de Comunicação do LCCV

**Jaerlington Paulo S. Silva** (jaerlington.silva@feac.ufal.br)  
Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**, Administração  
Duração: 48 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Comunicação, Estratégia

## Introdução

Dentre os desafios enfrentados pelo Laboratório de Computação Científica e Visualização (LCCV), um deles é a falta de uma estratégia de comunicação formalizada. Essa ausência afeta diretamente a percepção que o público e as partes interessadas em sua atuação têm sobre os conhecimentos e tecnologias produzidas pelo laboratório, o que minora a possibilidade da sociedade se beneficiar desse conhecimento. Visando tratar deste aspecto, este resumo tem como objetivo a proposição de um modelo de estratégia de comunicação dos produtos gerados pelo LCCV, visando estruturar meios que alcancem e gerem impacto na sociedade.

## Metodologia

Por produto, entende-se o resultado final das atividades realizadas pela organização, podendo ser tangível ou intangível, e são entregues para atender às necessidades dos clientes da organização. Nesse contexto, compreende-se o conceito de comunicação como a troca de informações entre indivíduos ou grupos. Para que este processo aconteça, deve-se levar em consideração a mensagem a ser veiculada; quem são os principais destinatários, suas características, e os produtos organizacionais que lhe serão de interesse; os meios de comunicação mais pertinentes às características de cada destinatário; e os instrumentos de mensuração de impacto do processo de comunicação. Diante do exposto, foi proposto um modelo baseado na seguinte estrutura: 1) definição objetiva dos

produtos do LCCV, suas classificações e seus ciclos de produção; 2) definição dos meios de materialização desses produtos; 3) meios de divulgação; 4) objeto da mensagem, sua finalidade e formato; 5) destinatários da mensagem, quais grupos e suas características; e 6) ferramentas de mensuração de alcance e impacto das mensagens.

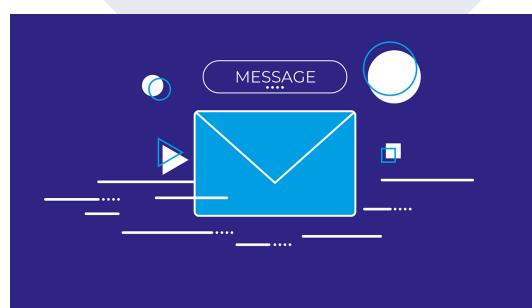


Figura 1: Processo de comunicação.

## Resultados

Esforços futuros serão necessários no sentido de, a partir do modelo de estratégia de comunicação ora proposto, construir a estratégia de comunicação do LCCV e, com isso, conseguir divulgar de forma ampla e direcionada os diversos produtos gerados pelo laboratório, de forma que a sociedade possa deles se beneficiar.

# Gestão orçamentária individualizada da equipe de projetos

**Paula Alessandra G. A. Sousa** (paula.sousa@feac.ufal.br)  
 Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**, Ciências econômicas

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão de pessoas, Gestão orçamentária, Sistemas de informação

## Introdução

Até então, o controle orçamentário relativo às equipes dos projetos no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé não se dava de forma individualizada, ou seja, não havia vinculação de um item orçamento a um membro da equipe do projeto. Tal situação demandava maior esforço e tempo para obtenção de informações relativas à disponibilidade orçamentária relacionada a cada membro da equipe, podendo comprometer o processo de tomada de decisão e de prestação de contas. Desse modo, torna-se crucial implementar funcionalidades no Sumé que vinculem um item de orçamento a um membro da equipe do projeto, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Entende-se por equipe do projeto o pessoal formalmente contratado para desenvolver as atividades relacionadas ao projeto de pesquisa e desenvolvimento, e essa equipe pode ser categorizada em: servidores (técnicos e docentes), pessoal CLT, alunos de graduação, alunos de pós-graduação e pessoal não vinculado. Nesse sentido, a funcionalidade de gestão de equipe de projetos do Sumé foi atualizada a fim de proporcionar os seguintes registros: nível de remuneração, item do plano de trabalho, vinculação ao orçamento, carga horária semanal, HH e atividades. Ademais, no quadro de orçamento previsto do Sumé, foi implementada uma busca por nome do membro da equipe.

## Resultados

Com a atualização das funcionalidades de gestão de equipes e gestão orçamentária de pessoal no Sistema de Gestão Integrada de Projetos Sumé, foi possível obter informações precisas e tempestivas quanto à disponibilidade orçamentária para cada membro da equipe do projeto, o que tem contribuído para a construção de reformulações orçamentárias mais céleres e assertivas. Ademais, o incremento de dados registrados permitirá desenvolver outras funcionalidades, tais como: alerta de limite de carga horária e de remuneração de colaboradores, além de verificações de possíveis

Detalhamento				
Dados gerais				
Projeto: DYNASIM 4				
Natureza despesa: Vencimentos e vantagens fixas				
Subelemento: Bolsa não vinculado				
Produto: Bolsa pesquisador D				
Orçamento relacionado:				
Observações: Relação dos itens - Equipe Executora - Remuneração/Resarcimento: - Item 1B (m 12).				
Orçamento detalhado				
Quantidade	Orçado	Executado	Bloqueado	Disponível
30	8	0	22	
Orçado unitário	6147,93	6147,93	0,00	-
Rendimento unitário	0,00	0,00	0,00	-
Valor unitário	6147,93	6147,93	0,00	-
Total	184.437,90	49.183,44	0,00	135.254,46
Colaboradores vinculados				
#	Nome	Função	CH	Valor
1	Bolsista não vinculado		20	RS 6147,93
				01/12/2023 – 10/05/2026

Figura 1: Detalhamento de item de orçamento.

distorções de HH para determinados níveis de remuneração.

Vínculo - Projeto: DYNASIM 4				
Colaborador *	Função *	Inicio do Vigência *	Fim de Vigência *	
	Bolsista não vinculado	01/12/2023	10/05/2026	
	Nível de remuneração *	Item PT *	Item incremento *	
	Mostror II	1B	1668 - Bolsa pesquisador D.	
	CHS *	HH *	Votor *	
	20	RS	6147,93	
		0,00		
	Atividades			
	Etapas: Estudo e Desenvolvimento			
	Atividades: Implementação e validação do modelo de Zener-Maxwell para poliéster.			

Figura 2: Detalhamento de membro da equipe.

# Modelo de mensuração de desempenho de processos do LCCV

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

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** BPM, Mensuração, Processos

## Introdução

Uma organização, seja ela pública, privada ou sem fins lucrativos, é criada com o objetivo de atender as necessidades de um grupo de clientes/cidadãos e essa necessidade é atendida por meio da produção, comercialização e prestação de produtos/serviços, que ocorre por meio dos processos dessa organização. Assim, uma organização pode ser vista como um conjunto de processos e, quanto mais eficientes e eficazes forem esses processos, mais efetivo será o cumprimento de sua missão ao melhor atender o seu cliente/cidadão. Dessa forma, incontestável é a necessidade de medir o desempenho dos processos organizacionais a fim de direcioná-los no caminho da maior eficiência, eficácia e efetividade. Nesse contexto, até então o LCCV não conta com um modelo formalizado de mensuração de desempenho de seus processos. Logo, este resumo visa apresentar um modelo que proporcione a referida mensuração.

## Metodologia

Medida representa um dado bruto, sem metas; e indicadores: interpretação, benchmark e série histórica.

classificada ou segmentada por meio de dimensões, que consistem em descrições ou características que permitem a segmentação e/ou a agregação da medida. Métrica, por sua vez, representa uma informação objetiva e mensurável, calculada a partir de uma ou mais medidas, que mede algum aspecto específico de um processo, porém não o avalia ou interpreta. Já o indicador é uma métrica interpretada, ou seja, avalia o desempenho de um processo a partir de metas pré-estabelecidas, que são os padrões (específicos e mensuráveis) almejados. O modelo de mensuração de desempenho de processos contemplou os seguintes elementos: processo; objetivo da mensuração; medidas e dimensões; métricas: fórmula, periodicidade e responsável;

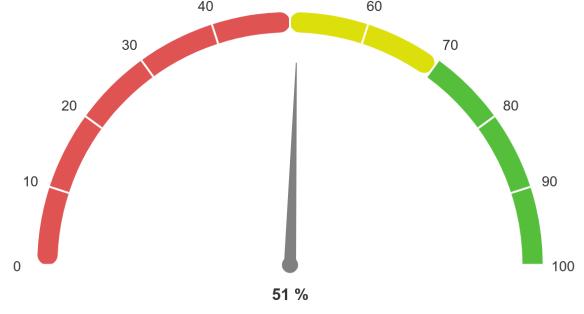


Figura 1: Indicador de execução orçamentária por parcela.

Highcharts.com

## Resultados

Com a implementação do modelo de mensuração de desempenho de processos, espera-se aperfeiçoar continuamente os processos desenvolvidos no LCCV, provendo-os maior eficiência e eficácia e, com isso, melhor atender as necessidades dos clientes do LCCV. Entretanto, esforços futuros serão necessários no sentido de aplicar o modelo aos processos do laboratório, bem como de desenvolver funcionalidades computacionais que apoiem o registro dessa documentação.

# Modelo de diagnóstico que subsidie a elaboração de propostas de projetos formalizados via TED

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

Victor Luygg M. Santos, Evandro Diego A. Pinheiro

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Gestão de projetos, Elaboração de proposta, TED

## Introdução

Elaborar propostas de projeto de pesquisa e desenvolvimento é um processo rotineiro a qualquer instituição de pesquisa. No entanto, devido ao seu longo histórico de atuação no setor de óleo e gás, esse processo no LCCV esteve orientado à dinâmica do SIGITEC, sistema de gestão de projetos da Petrobras, o que implicou ao laboratório uma lacuna metodológica para elaboração de diagnósticos que subsidiem a construção de propostas de pesquisa formalizados por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED). Tal limitação potencializa: a não uniformidade, a morosidade e a baixa efetividade de propostas; a perda de oportunidades de captação de recursos e, com isso, de inclusão de alunos no processo de produção de conhecimento, de desenvolvimento de tecnologia e de formação de profissionais. Assim, inconteste é a necessidade de elaborar um modelo para elaboração de diagnósticos que subsidie a construção de propostas de forma objetiva, assertiva e célere, cuja apresentação constitui o objetivo desse resumo.

## Metodologia

Segundo seu estatuto, constitui um dos objetivos institucionais da UFAL incentivar o trabalho de pesquisa e a investigação científica. Ademais, uma das formas de se formalizar projetos de pesquisa financiados por outras instituições é por meio do Termo de Execução Descentralizada (TED), que é regulamentado pelo Decreto 10.426/2020 e o define como o instrumento por meio do qual a descentralização orçamentária entre órgãos e entidades da administração pública federal é ajustada, visando a execução de programas, projetos e atividades, nos termos estabelecidos no plano de trabalho. Dessa forma, o modelo para elaboração de diagnósticos que subsidia a construção de propostas de pesquisa foi estruturado da seguinte forma: (1) financiador:

constituição, organização e competências; (2) área da pesquisa: caracterização, regramento, interessados, ferramentas e processos legados e recursos disponíveis; e (3) expectativas: conhecimento, pessoas e processos.



Figura 1: Portal Transfere.gov.

## Resultados

Com a implementação do modelo para elaboração de diagnóstico que subsidie a construção de propostas de projetos de pesquisa, espera-se obter, de forma célere, informações estruturadas e assertivas e, com isso, uniformizar e tornar mais eficiente o processo de construção de propostas, ampliando, dessa forma, as perspectivas de captação de recursos.

# Microsoft Planner como ferramenta de gerenciamento de tarefas administrativas do LCCV

**Geiza Thamirys C. Gomes** (geiza.gomes@lccv.ufal.br)  
Daniell P. Silva

**Atividade de P&D**  
Duração: 48 meses (Em andamento)  
Financiamento: LCCV/UFAL

**Palavras-chave:** Atividades administrativas, Gerenciamento, Microsoft Planner

## Introdução

Diante do alto volume de atividades administrativas necessárias ao provimento da infraestrutura requerida à adequada execução de um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, faz-se necessário o uso de uma ferramenta de gestão de tarefas que permita o adequado gerenciamento dessas atividades, bem como que guie os responsáveis ao desenvolvimento padronizado das demandas. Até então, o LCCV gerenciava suas demandas administrativas a partir do e-mail secretaria@lccv.ufal.br, o que exigia mais tempo de acompanhamento, não proporcionava uniformidade nas entregas, além de, eventualmente, incorrer perdas de prazo. Dessa forma, evidente foi a necessidade de implementar uma ferramenta que possibilitasse o gerenciamento eficiente, efetivo e tempestivo das demandas administrativas do LCCV. Para tal, foi implementada a plataforma Planner da Microsoft como ferramenta de gerenciamento de atividades administrativas, cuja apresentação constitui o objeto deste resumo.

## Metodologia

O Microsoft Planner é uma ferramenta constituinte da suíte Office 365, acessível em <https://www.office.com/>, gratuita para quem possui vínculo com instituições de ensino, que permite a organização de tarefas por domínio de gestão, processo, projeto e responsável. Para tal, a ferramenta possibilita o cadastro de templates por tipo de tarefa, onde cada um contempla uma lista de ações necessárias à sua conclusão. A partir daí, é possível criar tarefas, definindo: responsável, prioridade, prazo e orientações. Ademais, é possível organizar as situações possíveis das tarefas em um quadro Kanban, o que facilita o seu gerenciamento, bem como anexar documentos que apoiarão o desenvolvimento da tarefa, e registrar ocorrências relevantes ao gerenciamento. Outras funcionalidades que facilitam o gerenciamento das

demandas são: a aplicação de filtros diversos; a visualização de prazos a partir de uma agenda; a situação geral das tarefas, a partir de gráficos; e a exportação de dados.



Figura 1: Tarefa.

## Resultados

O uso da ferramenta Microsoft Planner tem proporcionado à Secretaria do LCCV um gerenciamento de demandas mais efetivo e eficiente, maior uniformidade, consistência e tempestividade nas entregas. Entretanto, o Microsoft Planner apresenta limitações, tais como: cadastro de usuários com e-mail de domínio distinto do LCCV e impossibilidade de comunicação com outras ferramentas via API.

# Dutos e Risers

# Modelo simplificado para simulação do fenômeno de fadiga termomecânica de baixo ciclo

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

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Jéssica P. V. Valença, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Fadiga de baixo ciclo, Dutos submarinos, Superfície de resposta

## Introdução

Antes da construção das superfícies de resposta para fadiga termomecânica de baixo ciclo, é necessário definir um modelo numérico simplificado que represente este fenômeno de forma precisa. Para tanto, foi realizado um estudo focado em: 1) simplificar um modelo numérico complexo e 2) reduzir o número de variáveis envolvidas. Neste estudo foram avaliadas a forma de aplicação da imperfeição inicial e a influência do teste hidrostático na resposta final.

## Metodologia

Para avaliar a influência da imperfeição inicial foram feitas comparações em relação a um modelo de referência (*benchmark*). Este modelo previa que o duto seria lançado reto e apoiado no leito marinho plano e sem atrito, sendo posteriormente aplicado um deslocamento lateral. Para manter a largura da alça de flambagem, eram realizados travamentos, como visto na Figura 1-a. Todavia, esta configuração tende a produzir um estado de tensão não realista. Para contornar este problema, foram removidos os travamentos e ativado o atrito durante o deslocamento relativo à imperfeição (Figura 1-b). Para avaliar a influência do teste

hidrostático, foram removidos os passos de carga referentes à esta etapa no modelo numérico.

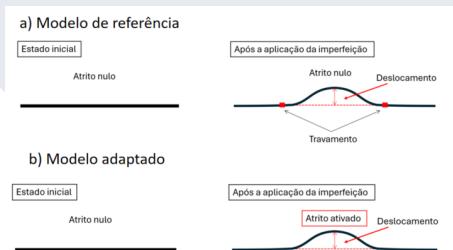


Figura 1: Comparação da metodologia de lançamento de dutos.

## Resultados

Os resultados vistos na Figura 2 indicam que não há diferença significativa para a tensão, variável de interesse para as superfícies de fadiga termomecânica de baixo ciclo, quando são alterados o modo de lançamento do duto e removendo os passos de carga relativos ao teste hidrostática. Isto permite que haja redução significativa no tempo de simulação sem que se comprometa a confiabilidade dos resultados.

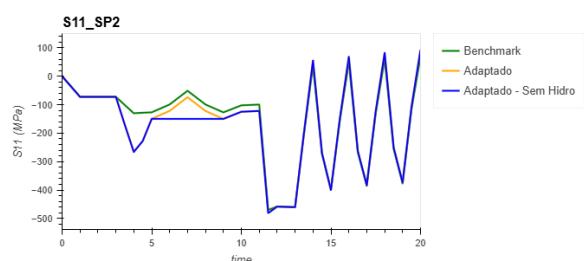


Figura 2: Comparação da Tensão extraída no ápice da alça.

# Construindo Superfícies de resposta para fadiga de baixo ciclo de dutos rígidos com *Deep Learning*

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

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Jéssica P. V. Valença, Josué D. Silva Neto

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Superfícies de Resposta, Deep Learning, Estruturas Submarinas

## Introdução

O projeto PipeAPI visa a criação de superfícies de respostas para problema de flambagem e fadiga termo-mecânica de baixo ciclo de dutos rígidos submarinos, ou seja, pretende estabelecer uma relação matemática entre variáveis de projeto e variáveis de interesse. Essas superfícies de resposta permitem consultar, em tempo real, resultados das variáveis de interesse para diversas combinações de parâmetros de entrada, sem a necessidade de simulações adicionais. Para o problema de fadiga termo-mecânica de baixo ciclo, as superfícies são para as seguintes variáveis de interesse: (1) máxima tensão de tração e (2) máxima variação de tensão para o 3º ciclo de carregamento operacional.

## Metodologia

Para a construção das superfícies de resposta foram feitas em torno de 260 mil simulações usando o software ABAQUS, em que cada simulação corresponde à um modelo definido pelos parâmetros principais, a saber: diâmetro interno do duto, espessura do duto, espessura do revestimento interno (CRA), peso submerso vazio, peso do conteúdo interno, coeficiente de atrito lateral e axial entre solo e duto, temperaturas e pressões de projeto e operacionais, e comprimento de ancoragem virtual. Os modelos tem suporte a dutos com *sleeper*, de modo que tem-se mais 2 novos parâmetros: altura do *sleeper* ao solo e coeficiente de atrito do entre duto e *sleeper*. Das 260 mil simulações, 235 mil representam pontos com distribuição na forma de uma grade regular com combinações da forma factorial completo, e 25 mil pontos com valores aleatórios dentro dos limites da grade regular. Para o processo de construção das superfícies foram usados modelos de *Deep Learning* (Redes Neurais profundas).

## Resultados

Os modelos de *deep learning* usam como entrada as combinações polinomiais dos parâmetros principais e 3 camadas ocultas, um modelo para cada variável de interesse. Foram utilizados 80% dos dados para o treinamento e os 20% restantes para testes, de modo que conseguiram computar previsões para os valores das variáveis de interesse com desvios menores que 10%, sendo que 80% dos pontos apresentam desvio menor que 5%.

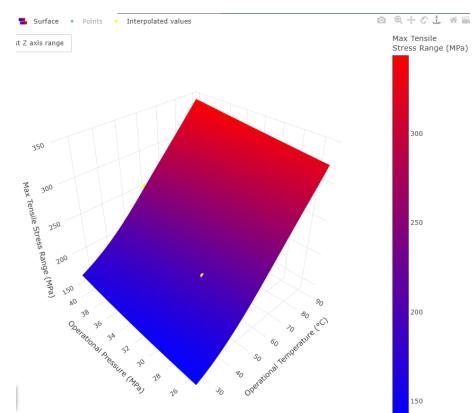


Figura 1: Superfície de máxima tensão para determinada combinação dos parâmetros de entrada.

# Criação de submodelos no IntegriSpan a partir de dados exportados pelo IntegriDutos

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

Matheus A. Miranda, Fábio M. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dutos submarinos, Vão livre, Fadiga

## Introdução

Devido aos longos trechos de dutos submarinos comumente exportados do IntegriDutos e ao grande volume de vãos, foi necessário implementar no IntegriSpan um recurso que permitisse a criação de cortes, gerando assim trechos menores, com poucos vãos. Este recurso permite ao usuário do IntegriSpan isolar trechos compostos por vãos simples e únicos ou até multivãos isolados para facilitar a análise, especialmente quando se trata de modelos *Spring-flat*.

## Metodologia

A partir da importação de um *json* gerado pelo IntegriDutos, o usuário do IntegriSpan pode selecionar a opção "Create Submodels" clicando diretamente sobre ou gráfico ou inserindo os pontos de início e fim para o corte da seção de interesse. Esta opção permite ainda que vários trechos sejam simulados com diferentes tipos de solo, o que permite considerar transições de regiões da batimetria de forma adequada ou ainda realizar

estudos paramétricos e análises de sensibilidade.

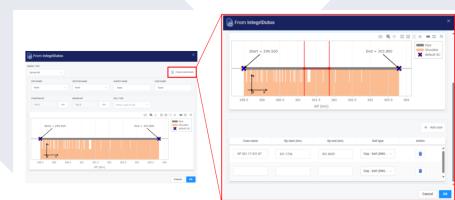


Figura 1: Criação de submodelos Spring-flat.

## Resultados

A criação de submodelos permite de forma rápida e intuitiva criar vários cortes de forma automática dentro da mesma estrutura na árvore do IntegriSpan (*Pipe - Section - Survey*). Este recurso está sendo expandido também para o modelo de contato, sendo disponibilizado para todos os modelos de simulação previstos na ferramenta.

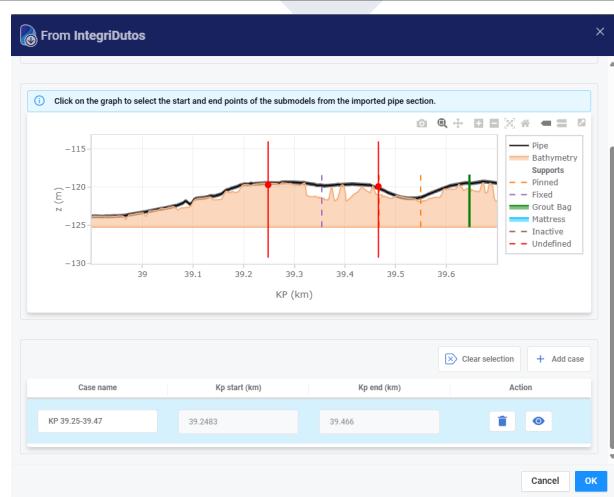


Figura 2: Funcionalidade para criação de submodelos do tipo Contact-Model.

# Implementação do *Scale Factor* no template de contato do IntegriSpan

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

Matheus A. Miranda, Fábio M. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Submarine pipelines, Free span, Fatigue

## Introdução

Durante a sustentação e novos desenvolvimentos do IntegriSpan percebeu-se que a forma de simular a rigidez do solo não era representativa durante a etapa de extração modal. Até então, o modelo numérico utilizava uma curva de rigidez bilinear a partir da qual deveria considerar uma rigidez "estática" durante as etapas de lançamento do duto, e "dinâmica" durante a extração das frequências de vibração. A forma de melhor considerar a rigidez dinâmica no modelo desenvolvido foi a implementação do *scale factor* no template utilizado no modelo de contato.

## Metodologia

A implementação consistiu em duas simples alterações: remoção da curva de rigidez bilinear do solo, substituindo-a por um comportamento de *penalty linear*, e a introdução de dois comandos de *scale* no passo de carga referente à extração modal (Figura 1). Utilizando o *penalty=linear*, o Abaqus considera que a força de contato é proporcional à penetração do duto no solo. Por outro lado, os comandos de *scale*, ao serem ativados, permitem que se faça uma correção das

rigidezes vertical e lateral do solo, considerando os pequenos deslocamentos relativos aos modos de vibração do duto.

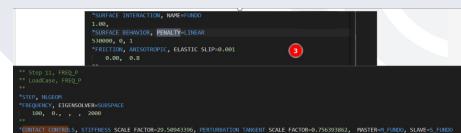


Figura 1: Ajustes feitos no template para simulação no Abaqus.

## Resultados

De forma a comparar os resultados, foram simulados três modelos, a saber: Caso 1 - rodado apenas com valores de rigidez estática; Caso 2 - rodado apenas com valores de rigidez dinâmica; e Caso 3 - rodado apenas com valores de rigidez estática + *scale factor*. Além disso, foi utilizada a planilha de FatFree como referência para os cálculos analíticos de frequência. Como visto na Figura 2, o Caso 3 se comporta de forma análoga ao Caso 1, comprovando que o duto foi lançado considerando valores de rigidez estática. Entretanto, as frequências extraídas para o Caso 3 diferem aproximadamente 2% quando comparados com a planilha de cálculo. Isto reforça que o uso do *scale factor*, atende à definição de projeto, sendo

implementado em definitivo no *template* utilizado pelo IntegriSpan.

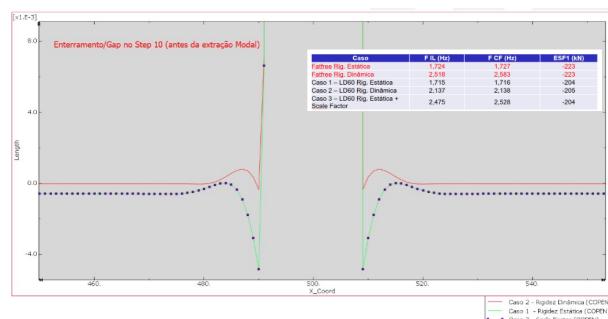


Figura 2: Comparação de enterramento e frequências modais com e sem o *scale factor*.

# Metodologia para geração de superfícies de resposta para fadiga termomecânica de baixo ciclo

Jéssica P. V. Valença (jessica.vasconcelos@lccv.ufal.br)

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Emerson Acácio F. Santos, Fábio M. G. Ferreira, Josué D. Silva Neto, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Fadiga de baixo ciclo, Dutos submarinos, Superfície de resposta

## Introdução

A fadiga é o processo de mudança estrutural progressiva, localizada e permanente que ocorre em um material sujeito às condições que produzem tensões e deformações flutuantes. Uma das abordagens para previsão de fadiga é a baseada em ciclos de deformações, chamada de fadiga de baixo ciclo. A fadiga de baixo ciclo acontece com número de ciclos abaixo de  $10^3$ , considerando efeitos elastoplásticos, que consiste em um regime controlado pela deformação plástica. Para dutos de produção ou de injeção, quando a estrutura é submetida a ciclos operacionais de pressão e temperatura, podem ocorrer grandes deformações, resultando em fadiga. Sendo assim, a previsão das falhas é necessária para não comprometer o projeto com rupturas parcial ou total, desgaste, deformação excessiva, perda da estabilidade etc.

## Metodologia

A recomendação prática DNV-RP-C208, que trata da determinação da capacidade estrutural por meio de métodos de análise não linear de elementos finitos, apresenta uma metodologia a ser seguida no caso de ocorrência de escoamentos repetidos. Para esses casos, os danos causados pela fadiga de alto ciclo devem ser adicionados aos danos causados pela fadiga de baixo ciclo. Sendo assim, uma matriz de simulações com os principais parâmetros foi definida, juntamente com o modelo numérico e as superfícies de respostas foram montadas para diversos cenários utilizando *deep learning*. Como resultados principais, as superfícies fornecem a tensão máxima e o delta de tensão no terceiro ciclo operacional para posterior cálculo da fadiga.

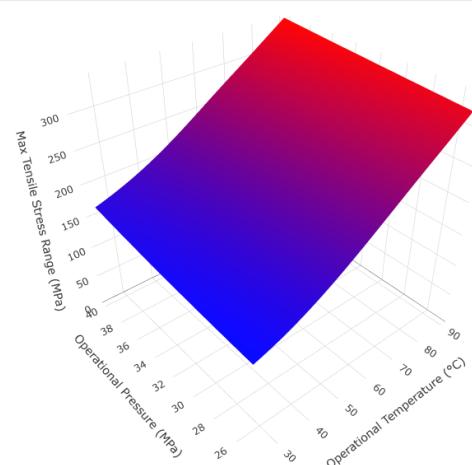


Figura 1: Superfície de resposta.

## Resultados

Para a validação dos resultados de deltas de tensões e tensões máximas fornecidos pela superfície de resposta alguns casos foram simulados no software Abaqus e seus resultados foram comparados com os casos obtidos por meio da consulta na superfície. Os desvios foram calculados e para delta de tensão no terceiro ciclo foi obtida uma variação de no máximo 13.89% e para as tensões máximas uma variação de 1.2%.

# Implementação do cálculo de fadiga a partir das Amplitudes de Tensão Modais no IntegriSpan

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

Josué D. Silva Neto, Fábio M. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dutos submarinos, Vão livre, Fadiga

## Introdução

O IntegriSpan é uma ferramenta numérica customizada, com interface WEB, focada na automatização de processos das análises estrutural e de fadiga de dutos rígidos submarinos em vãos livres. Realizando a integração com os programas Abaqus e FatFree, a ferramenta atua no pré-processamento de dados, bem como na execução e extração de resultados. Anteriormente, no IntegriSpan, só era possibilitado realizar a análise de fadiga a partir da inserção dos modos de vibração na planilha FatFree, de modo que as amplitudes de tensão modais eram calculadas a partir deles, de acordo com a formulação descrita na DNV-RP-F105. Diante das possibilidades de extraír as amplitudes de tensão dos resultados do Abaqus e de inserí-las diretamente na FatFree, este trabalho tem como objetivo implementar as alterações necessárias para a consideração das amplitudes no IntegriSpan.

## Metodologia

A extração de resultados do programa Abaqus é realizada por meio do gerenciador de simulações, o IntegriSpan Simulation Manager (ISM). Nos modelos gerados pela ferramenta, as amplitudes de tensão são extraídas considerando o envelope de tensões longitudinais, visto que esta abordagem leva a resultados muito próximos aos obtidos inserindo os modos de vibração para o cálculo das amplitudes na FatFree, conforme ilustrado na Figura 1.

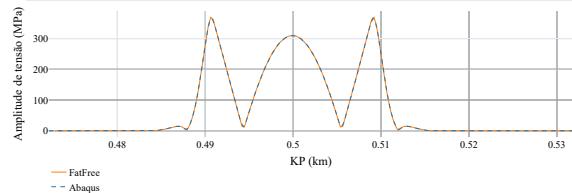


Figura 1: Comparaçao entre as amplitudes de tensão modais extraídas do Abaqus e às calculadas na FatFree.

## Resultados

A partir da validação, foram implementados ajustes na interface do IntegriSpan e no ISM visando a seleção das amplitudes modais extraídas e o preenchimento automático da FatFree. A seleção das amplitudes para análise é feita de maneira análoga à dos modos no IntegriSpan, conforme apresentado na Figura 2. A fase atual de desenvolvimento está focada na entrega desta funcionalidade para o modelo *Contact-Seabed*.



Figura 2: Amplitudes de tensão modais na interface do IntegriSpan.

# Consulta Automática de Dados Meteoceanográficos: Integração do IntegriSpan ao Metocean

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

Josué D. Silva Neto, Fábio M. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dutos submarinos, Fadiga, Transformação digital

## Introdução

O IntegriSpan é uma ferramenta numérica customizada, com interface WEB, focada na automatização de processos das análises estrutural e de fadiga de dutos rígidos submarinos em vãos livres. Por meio do IntegriSpan Simulation Manager (ISM), é possível realizar o preenchimento automático da planilha FatFree, baseada na DNV-RP-F105, em que são inseridos dados provenientes de uma análise estrutural outros relevantes para o cálculo da vida útil à fadiga, como, por exemplo, as distribuições de correntes de fundo e ondas. Dentro do Portal SubWEB, do qual o IntegriSpan faz parte, existe o módulo Metocean, que possibilita a visualização e exportação de dados meteoceanográficos de várias bacias ao longo da costa brasileira. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo integrar o IntegriSpan ao Metocean, visando a obtenção de dados de correntes de fundo e ondas de forma automática.

## Metodologia

A obtenção dos dados é realizada por meio de uma *Application Programming Interface* (API) disponibilizada pelo Metocean, em que são requisitados os dados pertinentes para o IntegriSpan, a partir de filtros nas requisições. O esquema da comunicação entre o IntegriSpan e

o Metocean é ilustrado na Figura 1.

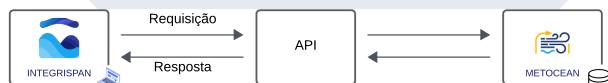


Figura 1: Esquema da comunicação entre o IntegriSpan e o Metocean.

## Resultados

Atualmente o IntegriSpan está integrado ao Metocean de modo que histogramas de velocidades de corrente de fundo e de alturas significativas de ondas são disponibilizados aos usuários para as análises de fadiga (ver Figura 2). Portanto, esta integração representa um grande avanço na automatização das análises de dutos submarinos em vãos livres.

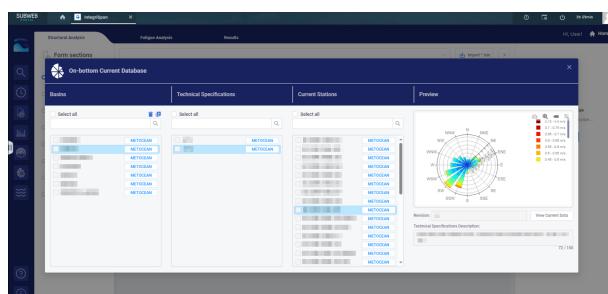


Figura 2: Dados do Metocean no IntegriSpan.

# Desenvolvimento de uma interface web para análise de flambagem e fadiga termomecânica de dutos rígidos submarinos

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

Aline S. R. Barboza, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Jéssica P. V. Valença, Josué D. Silva Neto, Weverton M. Silva

## Atividade de P&D

Duração: 42 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Flambagem, Fadiga termomecânica, Interface web

## Introdução

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de uma interface web para a análise de flambagem e fadiga termomecânica de baixo ciclo. Esses fenômenos podem impactar significativamente a vida útil de dutos ou até mesmo ocasionar falhas. Por esse motivo, os dutos devem ser projetados com o objetivo de mitigar tais problemas, o que exige análises numéricas complexas e de alto custo computacional. No entanto, em situações que requerem uma rápida tomada de decisão, não é viável aguardar a conclusão de simulações demoradas, que podem levar dias. A interface web desenvolvida visa atender essa necessidade, fornecendo resultados em poucos segundos, por meio da utilização de superfícies de resposta previamente elaboradas.

## Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento da interface web baseou-se no uso de tecnologias modernas, visando garantir a melhor experiência para o usuário, conforme apresentado na Figura 1. Inicialmente, realizou-se a estruturação da interface do usuário, seguida pela integração com as APIs responsáveis pela geração dos resultados das superfícies de resposta. Com base nessas informações, gráficos e tabelas são gerados e apresentados de forma intuitiva na interface web.

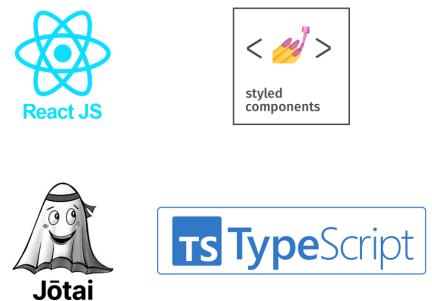


Figura 1: Ferramentas usadas.

## Resultados

A Figura 2 apresenta a tela principal da ferramenta, composta por um menu lateral, onde o usuário pode inserir os dados referentes ao duto em análise. Após a entrada dos dados, é possível gerar as superfícies de resposta e visualizar os resultados por meio de gráficos e tabelas. A interface apresenta uma estrutura de abas, permitindo a visualização dos resultados das diferentes superfícies, que abrangem propriedades como tensões, deformações e momentos.

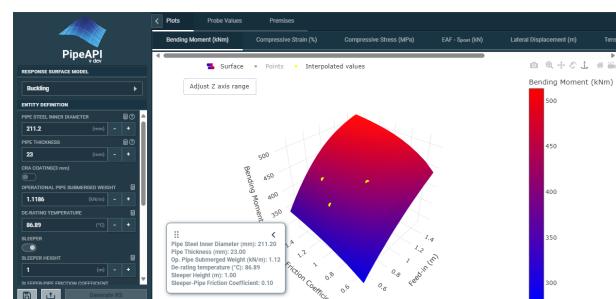


Figura 2: Tela principal da interface.

# Engenharia de Poços

# Modelos preditivos para ROP como suporte à otimização em tempo real de parâmetros operacionais na perfuração de poços de petróleo

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

Aline S. R. Barboza, Lucas P. Gouveia

## Dissertação de mestrado

Duração: 36 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Perfuração, Taxa de Penetração, Aprendizagem de Máquina

## Introdução

A taxa de penetração (ROP) é o principal indicador considerado na análise da eficiência da perfuração. Aumentar a ROP pode trazer economias significativas. Motivando estratégias de otimização da perfuração. Uma abordagem possível é aplicar modelos preditivos para ROP usando técnicas tradicionais e aprendizagem de máquina. Neste trabalho, foi construído *datasets* para avaliação da performance na predição da ROP com diferentes abordagens e modelos.

## Metodologia

Dados públicos de 7 poços foram estruturados em *datasets* com dados relevantes: parâmetros operacionais, dados de brocas, litologia e perfis geofísicos. Modelos tradicionais usados foram o Bourgoine & Young e a Energia Mecânica Específica. *Artificial Neural Networks* (ANN) e *Random Forest* (RF) foram empregados, comparou-se diferentes *features* e foi realizado refino de hiperparâmetros, avaliando a performance com métricas de erro (MAE e RMSE). Duas estratégia para predição da ROP foram comparadas: Todos para um (usando poços

de correlação) e aprendizagem contínua (usando incrementalmente os dados do poço). Os passos empregados são descritos na Figura 2.



Figura 1: Macroetapas da metodologia. Fonte: Autor.

## Resultados

Os resultados obtidos neste trabalho indicam melhor performance de modelos de aprendizagem de máquina em relação aos modelos tradicionais. O modelo RF apresentou melhor performance, tendo erros menores e menor custo computacional. Foi possível identificar a relevância do torque e da inclusão de dados da formação rochosa (*Delta-T Compressional*) nos modelos de aprendizagem de máquina. Identifica que a estratégia de aprendizagem contínua é capaz de alcançar menores erros nos casos analisados.

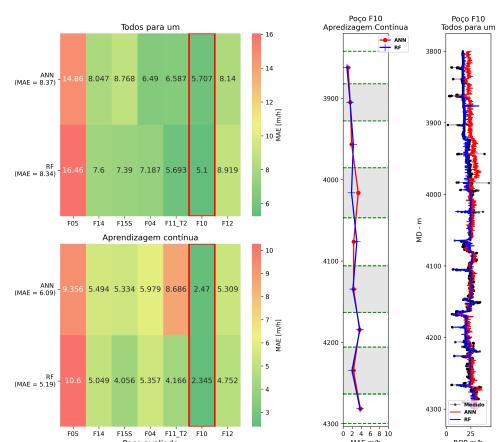


Figura 2: Resultados dos modelos de aprendizagem de máquina. Fonte: Autor.

# Integração para Visualização de Dados de Perfuração no Software CAESAR

**Carlos W. L. Barbosa Neto** (cwlbn@lccv.ufal.br)

Erick S. Coelho, Lucas S. Sales, Francisco A. V. Binas Jr., Marcos A. B. Lima, Diego V. G. Ferreira

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Dados de Perfuração, Mudlogging, Integração com Base de Dados

## Introdução

Entre as principais funções do software CAESAR, destaca-se a capacidade de integrar diversas fontes de dados e apresentar de forma eficiente de informações de poços já perfurados. Dentre os dados fornecidos pela ferramenta, destacam-se a trajetória do poço, os parâmetros operacionais registrados pelo operador (como peso, rotação e torque), as propriedades das brocas, os componentes da coluna de perfuração e os dados litológicos. Este trabalho apresenta a integração para a coleta e visualização de dados de perfuração ao longo da profundidade do poço, obtidos por meio do processo de *mudlogging*.

## Metodologia

A consulta ao banco de dados, gerenciado pelo sistema ORACLE, é realizada com base no nome do poço. Devido ao grande volume de informações, a importação é limitada aos parâmetros que serão exibidos na ferramenta, garantindo a responsividade do sistema. Paralelamente, todos os parâmetros disponíveis para importação são listados. Caso o usuário deseje visualizar informações adicionais, basta selecioná-las em um *picklist* para que os dados sejam importados. A visualização dos dados é integrada entre todos os gráficos, permitindo a exibição sincronizada do mesmo trecho do poço. A ferramenta também oferece a opção de exportar os dados em formato de planilha.

## Resultados

A implementação possibilita ao usuário da ferramenta a visualização dos parâmetros de perfuração, conforme ilustrado na Figura 2. Essa integração facilita a construção de correlações entre o comportamento da perfuração e outros parâmetros já disponíveis no CAESAR, como litologia, tipo de broca e trajetória. Esses dados poderão ser incorporados aos modelos de cálculo contidos no software, proporcionando soluções mais eficazes e contribuindo para a otimização do processo de perfuração de poços.

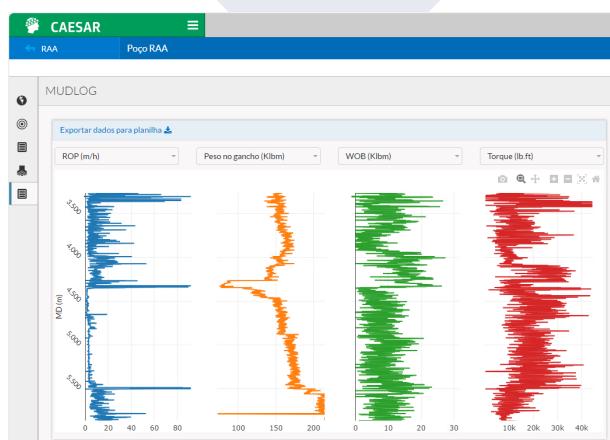


Figura 1: Resultados da aplicação.

# Modelagem Computacional de Conexão Utilizada em Tubo de Perfuração de Poços de Petróleo

Débora S. Moreira (debora.moreira@ctec.ufal.br)

Jéssica P. V. Valença, Francisco A. V. Binas Jr., Gustavo T. Silva, Eduardo T. Lima Jr., Aline S. R. Barboza

## **Monografia de graduação, Engenharia Civil**

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Conexões, Coluna de Perfuração, Método dos Elementos Finitos

## Introdução

Petróleo e gás estão frequentemente localizados em grandes profundidades, o que exige longas colunas de perfuração para alcançar os reservatórios, demandando o uso de conexões robustas para unir os tubulares. Essas conexões, localizadas em áreas sujeitas a intensos e complexos carregamentos dinâmicos, estão propensas ao surgimento de pontos de fragilidade mecânica. Nesse contexto, o presente trabalho propõe aplicar o Método dos Elementos Finitos para analisar a distribuição de tensão em uma conexão com ressalto (Figura 1) submetida a pré-carregamento de torque por aperto (*make-up torque*) e carga axial.

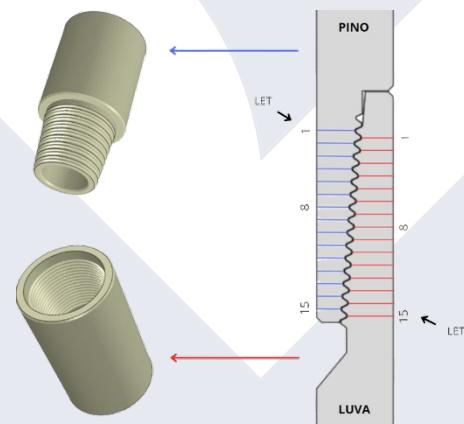


Figura 1: Geometria dos componentes da conexão.

## Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, realiza-se a modelagem axissimétrica bidimensional (2D) de uma conexão NC46, atribuindo as propriedades do aço S135, considerando o torque por aperto através da solução da interferência mecânica, definindo as condições de contorno, os carregamentos e gerando a malha de elementos finitos na ferramenta ABAQUS. A segunda etapa envolve o processamento dos dados no *software*, possibilitando o acesso às variáveis de saída e sua visualização gráfica.

## Resultados

Os resultados desta simulação mostraram que a modelagem proposta possibilita a visualização da distribuição de tensões equivalentes de von Mises ao longo da seção axissimétrica (Figure 2). Além disso, observa-se que os maiores níveis de concentração de tensões ocorrem na raiz do primeiro filete de rosca engatado do pino, indicando que este é o ponto crítico da conexão, estando mais suscetível a falhas. Em relação ao comportamento mecânico do aço empregado, é possível identificar que a tensão máxima que a conexão pode desenvolver, devido ao carregamento

trativo, não ultrapassa o limite de escoamento do material.

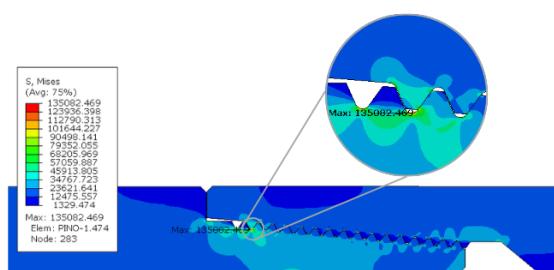


Figura 2: Distribuição de tensões ao longo da conexão.

# Predição da taxa de penetração (ROP) usando Stacking Ensemble

**Erasmo Augusto B. Silva** (erasmo.bezerra@lccv.ufal.br)

Antonio Paulo A. Ferro, Francisco A. V. Binas Jr., Lucas P. Gouveia, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Retroanálise, Perfuração de poços, Machine learning

## Introdução

Modelos de ROP são fundamentais para otimizar os parâmetros de perfuração, ajudando a tomar decisões que reduzem o custo e o tempo da operação. Devido à sua capacidade de lidar com relações complexas e não lineares entre as variáveis, os modelos de *machine learning* (ML) apresentam desempenho superior aos modelos tradicionais. Diversas arquiteturas de ML, como Floresta Aleatória (RF), *Gradient Boosting* (GB), Redes Neurais Artificiais (ANN) e Regressão Linear (LR), têm sido utilizadas na predição da ROP. Neste estudo, avaliamos a estratégia de *Stacking*, que combina as previsões de vários modelos de base, em um único modelo, conhecido como meta-modelo. Esse meta-modelo é responsável por gerar a previsão final, aprimorando a precisão ao integrar as contribuições de cada modelo base.

## Metodologia

Um estudo de caso foi realizado utilizando dados públicos de três poços do campo Volve, localizado no Mar do Norte. Um modelo *Stacking* foi proposto usando RF, GB, ANN e LR como *base learners* e Ridge Regression como meta-modelo. Para o treinamento de cinco modelos: RF, GB, LR, ANN e *Stacking*, foram usados perfis de peso sobre a broca (WOB), taxa de revolução da broca (RPM), vazão do fluido de perfuração (FR) e tempo de trânsito compressional (DTC). Dois poços foram usados no treinamento, e em seguida, uma análise comparativa do desempenho dos modelos foi feita avaliando-os em um terceiro poço, que não foi utilizado no treinamento. A raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o erro absoluto médio (MAE) foram avaliados entre os dados medidos e os estimados.

## Resultados

O modelo de *Stacking* proposto alcançou o menor erro em comparação com os modelos de base. Com valores de MAE de 6,72 m/h e RMSE de 7,91 m/h, uma melhoria na precisão foi alcançada, com a redução do erro variando de 8,44% a 33,33% em relação ao MAE, e de 6,05% a 33,27% em relação ao RMSE. Ao integrar as forças de diferentes modelos e reduzir seus erros, o modelo proposto tem o potencial de permitir previsões mais precisas da ROP. Isso pode ser valioso para sistemas de recomendação de limites operacionais na perfuração de poços de petróleo e gás, onde a acurácia desses modelos são essenciais.

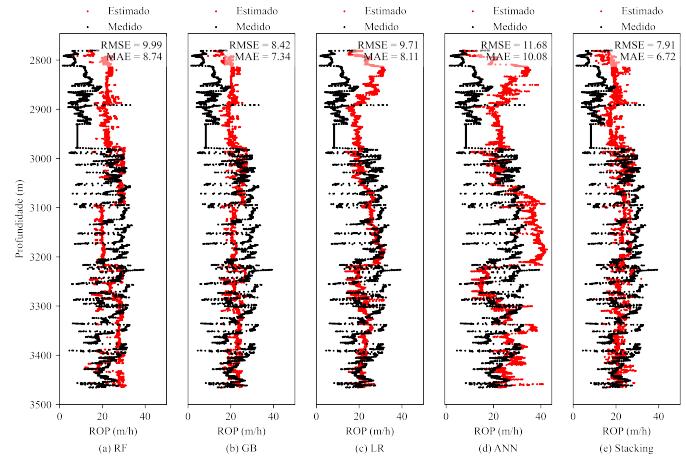


Figura 1: Predição da ROP.

# Análise do Comportamento do Conjunto Broca-Alargador Durante a Operação Reaming While Drilling (RWD)

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

Francisco A. V. Binas Jr., Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Perfuração de Poços, Alargamento, Reaming While Drilling

## Introdução

O processo de perfuração de poços tem se tornado cada vez mais complexo, demandando investimentos em novas ferramentas e técnicas de perfuração. Entre essas técnicas, destaca-se o Reaming While Drilling (RWD), uma operação na qual um alargador é posicionado acima da broca, de modo que esse possa cortar as paredes do poço, aumentando o diâmetro enquanto a broca penetra a formação rochosa. Essa técnica, quando não corretamente projetada, pode resultar em problemas como baixa taxa de penetração (ROP), vibração severa e danos prematuros às ferramentas de fundo de poço. A fim de compreender melhor o comportamento do conjunto broca-alargador, este trabalho permite a realização de uma análise com foco na quantificação e distribuição dos esforços entre ambos durante a operação de RWD. A análise permite considerar diferentes cenários, como a variação do peso sobre o sistema e distância entre a broca e o alargador. Utilizando a trajetória do poço e o BHA, cria-se um modelo baseado em método dos elementos finitos para avaliar a distribuição de esforços ao longo da trajetória, apresentando gráficamente em um ambiente de desenvolvimento de projetos de poços.

## Metodologia

Nesse estudo, foi utilizado modelo matemático simplificado de Servaes et al. (2016), mantendo os mesmos parâmetros de entrada: o diâmetro da broca e do alargador, o coeficiente de atrito da broca e do alargador, resistência das camadas das rochas, a distância entre a broca e o alargador e peso total sobre o sistema. A saída desse modelo fornece o peso e o torque distribuídos entre a broca e o alargador, além do torque total do sistema. O processo de obtenção da distribuição de cargas entre a broca e o alargador é conduzido por meio de um modelo iterativo. Após a obtenção das cargas do conjunto, aplica-se a um modelo com a trajetória do poço que utiliza do método dos elementos finitos para avaliar o comportamento dos esforços na coluna de perfuração. Nessa fase, é possível visualizar cenários de carregamento e esforços axiais e de torção resultantes.

## Resultados

O resultado desse trabalho permitiu a visualização da distribuição do peso e torque entre a broca e o alargador, apresentando tabelas com os valores obtidos em cada cenário delimitado pelo usuário. Além disso, foram gerados dois gráficos para a análise do comportamento do conjunto broca-alargador nos cenários definidos: um diagrama de esforço axial ao longo da coluna de perfuração (Figura 1), permitindo a identificação dos pontos neutros, e um diagrama de torção, que ilustra a distribuição de torque em todo o BHA.

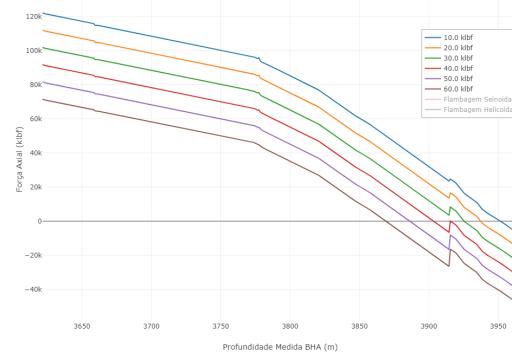


Figura 1: Diagrama de esforço axial de cenários.

# Determinação de Parâmetros Direcionais de Poços a partir de Coordenadas Geográficas

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

Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Pontos de Medição, Minimização por Mínimos Quadrados

## Introdução

Durante a perfuração de poços de petróleo, são coletados dados que permitem estimar o posicionamento do poço. Independentemente do equipamento de medição, os registros são constituídos por dados de inclinação e azimute para cada posição do equipamento durante o processo de perfuração. Considerando a trajetória do poço como uma curva tridimensional, esses dados possibilitam quantificar características importantes do poço, como curvatura e torção, baseados no modelo de cálculo adotado. Por isso, diversos *softwares* de análise de poços utilizam esse padrão de registro. No entanto, modelagens em elementos finitos geralmente adotam o sistema de coordenadas cartesiano. Diante disso, este trabalho apresenta uma metologia para converter as posições no sistema cartesiano em dados de inclinação e azimute, permitindo sua integração com *softwares* especializados na análise de poços.

## Metodologia

Para obter os parâmetros de inclinação e azimute, formula-se um problema de minimização não linear, resolvido por meio da abordagem de mínimos quadrados. Utiliza-se o método da tangente balanceada, que emprega os valores de inclinação e azimute dos pontos de medição anterior e atual para calcular a variação em longitude e latitude entre os pontos. Dessa forma, a solução atribui valores iniciais ao primeiro ponto, enquanto os demais pontos são determinados pela minimização do erro, calculado em função da posição geográfica desejada.

## Resultados

A Figura 2 apresenta os resultados da aplicação da metodologia em um estudo de caso. Os valores de inclinação e azimute obtidos, quando aplicados ao modelo de cálculo direcional, demonstraram boa aderência em relação ao posicionamento desejado. Para trabalhos futuros, recomenda-se investigar a viabilidade de utilizar as equações do modelo de mínimo raio de curvatura, além de avaliar metodologias para suavização da curvatura resultante.

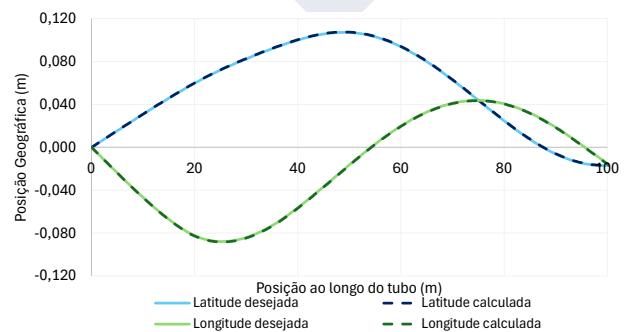


Figura 1: Comparação entre o resultado obtido e a posição desejada.

# Avaliação de Similaridade de Textos em Dados de Perfuração de Poços Petrolíferos

Jadson C. S. Santos (jcss@ic.ufal.br)

Jeyson S. N. Silva, Pedro H. S. Resende, Marcos A. B. Lima, Carlos W. L. Barbosa Neto, Ilivanilton R. Barros, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Erick S. Coelho, Lucas S. Sales, José G. Pinto Jr., Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

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

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Processamento de Linguagem Natural, Similaridade entre textos, Python

## Introdução

A perfuração de poços frequentemente apresenta desafios semelhantes aos já enfrentados em perfurações anteriores. A rápida identificação de poços com características semelhantes permite extrair lições valiosas, otimizando o processo decisório e garantindo a segurança e sucesso das operações. A nuvem de palavras da Figura 1 apresenta as palavras utilizadas com maior frequência na perfuração. Nesse contexto, desenvolve-se uma ferramenta que agiliza e optimiza a busca por lições aprendidas correlacionadas com uma observação.

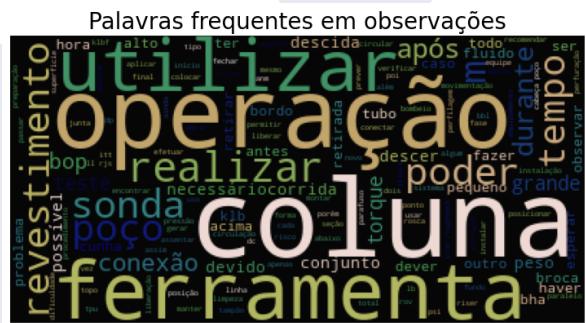


Figura 1: Palavras mais frequentes em observações. Fonte: Autores, 2024.

## Metodologia

A metodologia envolveu a segmentação das lições em frases individuais, permitindo o cálculo de similaridade com documentos menores. O mesmo procedimento foi aplicado às observações obtidas de outra base de dados. Os documentos pré-processados e transformados com técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) foram empregados no cálculo da similaridade do cosseno. A visualização dos documentos de saída foi aprimorada por meio de uma aplicação web desenvolvida com os frameworks Angular e Django.

## Resultados

Os resultados alcançados, ainda que sem a consideração da semântica, demonstram consistência. Por fim, os resultados são apresentados à equipe técnica para avaliação de sua eficácia. O feedback recebido pode ser incorporado ao modelo, permitindo aumentar sua precisão. A Figura 2 mostra o percentual de similaridade de algumas lições, dada uma observação.

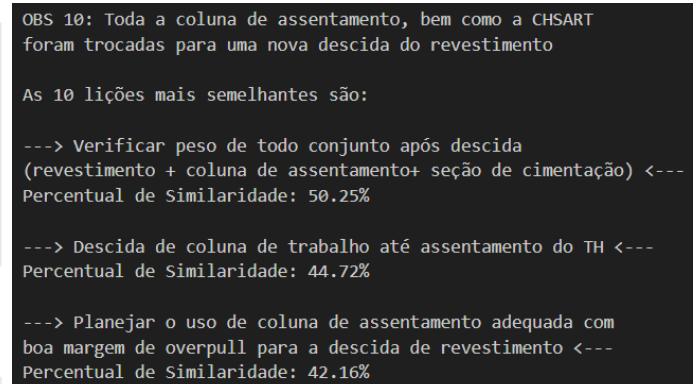


Figura 2: Resultados de similaridade. Fonte: Autores, 2024.

# Conectando Pontos: Categorizando Lições Aprendidas e Incidentes em uma Aplicação Web, Visando Previsões com Aprendizado de Máquina

**Jeysen S. N. Silva** (jsns@ic.ufal.br)

Jadson C. S. Santos, Pedro H. S. Resende, Lucas S. Sales, José G. Pinto Jr., Ilivanilton R. Barros, Marcos A. B. Lima, Carlos W. L. Barbosa Neto, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

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

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Aprendizagem de Máquina, Lições Aprendidas, PLN

## Introdução

A criação de uma aplicação web voltada para a gestão de lições aprendidas representa um avanço significativo na otimização de processos organizacionais. Nesse contexto, a categorização se destaca como uma estratégia eficaz para relacionar textos de lições aprendidas, incidentes e observações. Essa abordagem visa facilitar a compreensão do contexto das lições e possibilitar previsões de incidentes por meio de algoritmos de aprendizado de máquina.

## Metodologia

No processo de gerenciamento de projetos, as lições aprendidas envolvem a análise de um conjunto de textos que contêm informações valiosas e experiências acumuladas ao longo do tempo, dessa forma é essencial aplicar técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) que envolve etapas presentes na literatura. Uma vez que os textos tenham passado por esse estágio de pré-processamento, o próximo passo é categorizá-los. Nesse contexto, A aplicação web desenvolvida permite aos usuários criar categorias e relacioná-las com os textos das lições aprendidas, incidentes e observações. A Figura 1 ilustra o

fluxo implementado, permitindo a construção de um conjunto de dados para análise e aplicação de aprendizado de máquina.

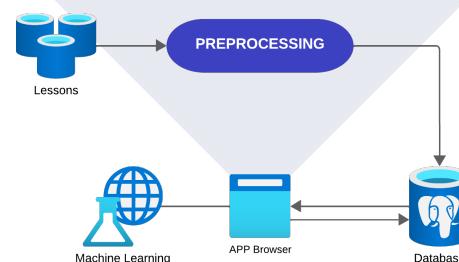


Figura 1: Diagrama do Fluxo do Processo.

## Resultados

Foi obtida uma aplicação web (Figura 2) que relaciona lições aprendidas, incidentes e observações com categorias, facilitando previsões precisas com aprendizado de máquina.

A figura mostra uma captura de tela da aplicação web CAESAR. No topo, há uma barra verde com o nome da aplicação. Abaixo, uma barra de navegação com links para 'Home', 'Novo', 'Relatório', 'Ajuda' e 'Sair'. O formulário principal tem o campo 'Pesquisar texto' e uma lista de resultados. Cada resultado é representado por uma ícone (lupa, relatório, etc.) e uma descrição curta. À direita da lista, há uma coluna com os tipos de entidade ('incident', 'lesson', 'incident', 'lesson', 'incident', 'lesson', 'lesson', 'lesson', 'incident') e uma coluna com ícones de erros ('X'). No final da lista, há uma barra com o link 'Dados Aléterios'.

Entidade	Detalhes
incident	Falha poderia ter causado perdas severas no topo caso não tivesse sido percebida a tempo.
lesson	Poderemos aprender a caso seja possível (prop decolorante e sem obstáculos na superfície e subsuperfície) a permitir que a plataforma derive de modo a mitigar as forças devido a correção evitando o esgarco da coluna na mesa rotativa.
incident	Cabe salientar que na fase de planejamento foi sinalizado que não havia zonas com potencial de fluxo no THD.
incident	Durante a descolha da COI com GPR 6 5/8" a 3611 m no poço 8-MB-2BD-RJ8 em intervenção com a Unidade Norbe VIII (NS-32), houve saída do umbilical eletro hidráulico (UEH) da cara da polia 309° posicionada proxima ao V-GOOR da torre de perfuração.
lesson	Estes parâmetros podem ser usados como referência para operações similares.
incident	O que poderíamos ter feito para termos outra X2313 a bordo ?
lesson	Na ausência de alternativas, pode-se efetuar a correção das medidas do ROV estimando-se o ângulo da boia medindo a distância horizontal e vertical da boia a base distâncias.
lesson	4 - Ausência de risco de rompimento e queda da estilinga e do single joint.
incident	For feito cálculo da pressão de poro levando em consideração a pressão líquida no sensor do BOP, porém não se atentou que o sensor estava descalibrado e foi considerada que a resultância da leitura foi com o topo do reservatório. O que deu um reto de fluido insuficiente para matar o poço e acabou acarretando no

Figura 2: Print da Aplicação.

# Aplicação de elementos finitos para análise estrutural de colunas de perfuração

Jéssica P. V. Valença (jessica.vasconcelos@lccv.ufal.br)

Francisco A. V. Binas Jr., Diego V. G. Ferreira, Aline S. R. Barboza

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Coluna de perfuração, Pontos de contato, Distribuição de esforços

## Introdução

A perfuração de um poço de petróleo pode ocasionar fenômenos adversos sobre a coluna de perfuração para determinadas combinações de parâmetros. A análise de esforços da coluna pode ser realizada de diversas metodologias, sendo uma delas, o Método dos Elementos Finitos (MEF). O MEF é um método numérico que calcula soluções aproximadas de equações diferenciais subdividindo o domínio de um problema em partes menores, é amplamente utilizado na engenharia e na academia para prever o comportamento estrutural e mecânico de sistemas. A coluna de perfuração pode ser classificada como uma estrutura reticulada, que é constituída por barras, apresentando uma dimensão preponderante em relação as suas demais dimensões. O MEF permite a solução das equações de equilíbrio dos elementos de barra, além de ser essencial na obtenção da matriz de massa consistente e na obtenção teórica da matriz de amortecimento, oferecendo diferentes possibilidades de análises da coluna, como análises não lineares, análises de instabilidade e análises dinâmicas.

## Metodologia

O modelo de cálculo utilizando MEF foi desenvolvido, com a montagem da matriz de rigidez, a transformação do sistema de referência e a construção do sistema global de equações. É considerado que a coluna encontra-se engastada no topo, além disso, o ponto que representa a broca é modelado com apoio que restringem o movimento transversal ao eixo axial. Com a solução das equações lineares, os deslocamentos dos nós da discretização da coluna são obtidos, com isso, de forma interativa, os pontos de contatos são calculados, e neles, apoios restringindo o movimento transversal são adicionados até que toda a coluna esteja dentro do limite do poço. Com os deslocamentos, o cálculo dos diversos esforços são possíveis. Sendo assim, as respostas obtidas pelo modelo de elementos finitos foram comparadas com as respostas obtidas pela análise utilizando o modelo torque e arraste, disponível no CAESAR, para validação do novo modelo implementado.

## Resultados

As comparações entre os modelos foi realizada, apontando a proximidade dos resultados, validando, portanto, a nova implementação. Sendo assim, o modelo foi incorporado ao CAESAR Projeto com análises de pontos de contato (Figura 2), esforços na coluna, exposição de gráficos de esforço axial, esforço cortante, momento fletor, tração e deflexão, oferecendo maior subsídio na tomada de decisões dos projetistas.

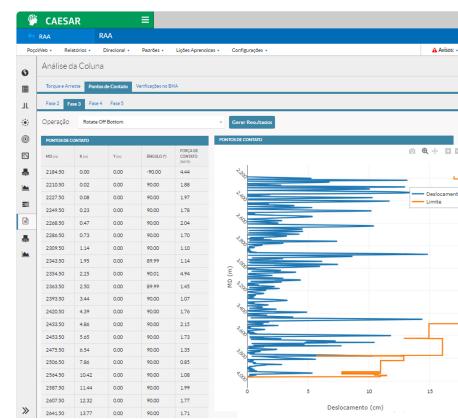


Figura 1: Resultados da aplicação.

# Incorporação de Dados Litológicos ao Fluxo de Projeto no Software CAESAR

**Lucas S. Sales** (lucas.sales@lccv.ufal.br)

José G. Pinto Jr., Erick S. Coelho, Carlos W. L. Barbosa Neto, Francisco A. V. Binas Jr., Marcos A. B. Lima, Diego V. G. Ferreira

Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Litologia de Poços Perfurados, Visualização Dinâmica, Integração com Base de Dados

## Introdução

O software CAESAR desempenha um papel essencial no desenvolvimento de projetos de perfuração de poços, contribuindo para o planejamento de brocas, a análise de torque e arraste, além da avaliação das vibrações induzidas pela interação entre a broca e a rocha. Com o objetivo de prover informações relevantes para o desenvolvimento de soluções neste setor, é implementada uma integração com uma base de dados da companhia, que contém a litologia interpretada dos poços já perfurados.

## Metodologia

A coleta dos dados é realizada por meio de uma comunicação com o banco de dados em ORACLE. Entre as informações coletadas, estão as cotas de início e fim de cada litologia e formação, além dos respectivos nomes. Cada litologia é representada visualmente, com os dados ordenados conforme as cotas de profundidade e apresentados graficamente de acordo com o nome da litologia. O usuário pode aplicar zoom em todos os gráficos simultaneamente para o mesmo intervalo de profundidade, o que facilita a identificação de zonas similares e otimiza o processo de análise.

## Resultados

Com a implementação, o usuário da ferramenta passa a ter acesso aos dados litológicos de poços, o que permite, por exemplo, a visualização ilustrada na Figura 2, facilitando a identificação de zonas de interesse. A integração possibilita que os projetos considerem com maior precisão as condições geológicas que serão enfrentadas durante a perfuração, resultando em decisões com maior embasamento para a escolha de técnicas e equipamentos. Com isso, é possível otimizar a eficiência operacional, reduzindo riscos e aprimorando o desempenho das operações de perfuração.

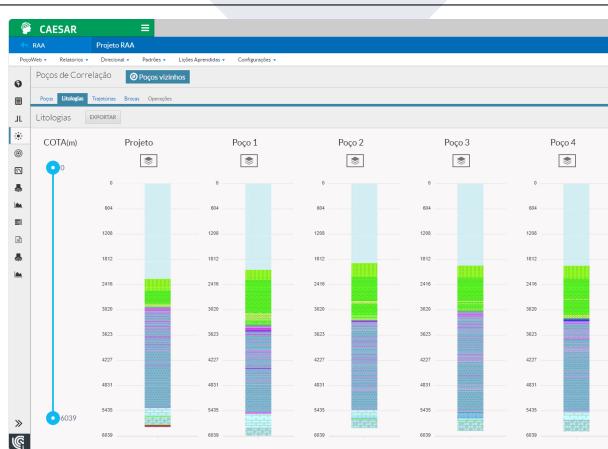


Figura 1: Resultados da aplicação.

# Práticas Essenciais para a Limpeza de Texto em PLN Aplicadas à Análise de Lições Aprendidas

Pedro H. S. Resende (phsr@ic.ufal.br)

Jadson C. S. Santos, Jeyson S. N. Silva, Ilivanilton R. Barros, Marcos A. B. Lima, Daniel M. Pimentel, Edson Rabelo Jr., José G. Pinto Jr., Erick S. Coelho, Lucas S. Sales, Leandro M. Sales, Aline S. R. Barboza

**Iniciação científica**, Engenharia da computação

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: Não definido

**Palavras-chave:** Processamento de Linguagem Natural, Lições Aprendidas, Limpeza de texto

## Introdução

Com a crescente necessidade de extração de informações e conhecimento de textos, adota-se sistemas computacionais para automatização deste processo. O Processamento de Linguagem Natural (PLN), ilustrado na Figura 1, agrupa os algoritmos e técnicas necessários, mas necessitam que o texto seja tratado. O tratamento contempla a remoção de conteúdo indesejado ou sem importância, pois afeta a qualidade, precisão e desempenho do PLN.

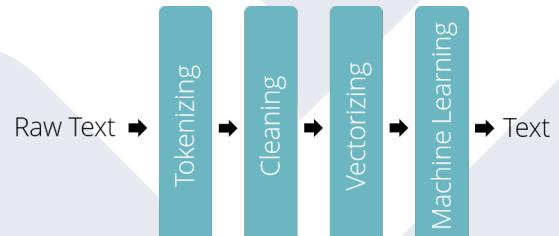


Figura 1: Processo de PLN.

## Metodologia

O processamento de tratamento do texto inicia por meio da remoção de ruídos, isso inclui palavras irrelevantes, palavras vazias ou de parada (*stop words*), palavras com alta frequência, que trazem pouca utilidade, por exemplo: *tags* HTML, endereços URL, artigos, conjunções, preposições, pronomes, conforme apresentado na Figura 2. Outras técnicas consistem na conversão do texto para um formato padrão, para isso pode-se converter todas as letras para minúsculas, corrigir erros ortográficos, substituir abreviações e expandir contrações. A redução das palavras para sua raiz diminui a complexidade para análise do modelo. O texto pode ser dividido em unidades menores chamadas *tokens* ou podem ser transformados em representações de vetores numéricos que representam a frequência das palavras na frase.

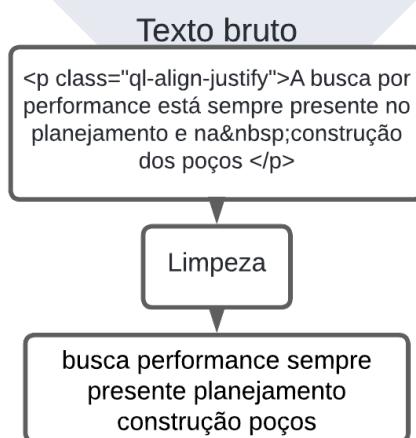


Figura 2: Exemplo de Limpeza.

## Resultados

A aplicação dessas técnicas de limpeza não só aumenta a eficácia dos modelos de PLN, mas também ajuda na redução de recursos computacionais necessários.

# Otimização do processo de retirada de testemunho utilizando aproximação termoporoelástica

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

Aline S. R. Barboza, João Paulo L. Santos, Francisco A. V. Binas Jr.

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Engenharia de poços, Testemunhagem

## Introdução

O presente projeto tem por objetivo desenvolver uma metodologia para otimizar a velocidade de retirada dos testemunhos de poços. Testemunhos podem ser considerados a realidade do subsolo se eliminarmos ou minimizarmos o dano sofrido durante os processos de corte, retirada e manuseio. Uma importante fonte de dano a amotra é durante sua retirada, quando a rápida descompressão pode causar danos devido a indução de microfraturas. Esses são sofridos devido a expansão dos fluidos confinados e da queda de temperatura. Utiliza-se um modelo termoporoelástico para representar matematicamente a difusão dos fluidos confinados e da temperatura da amostra.

## Metodologia

Introduz-se uma aproximação geomecânica termoporoelástica. Inclui-se as derivações matemáticas do tempo de difusividade requerido para que a pressão de poros se dissipe, enquanto também se considera os efeitos devido às mudanças de temperatura, a parede de lama e o deslizamento. A difusão hidráulica e o tipo de fluido são considerados como fatores principais para o controle da máxima velocidade de retirada. Os tipos de fluido utilizados são: gás, água ou bifásico, para cada um existem diferentes relações. Para identificar a forma mais segura de se retirar um testemunho são necessárias diversos parâmetros geomecânicos, dos fluidos e

relações matemáticas da termoporoelasticidade. Desta maneira se faz possível calcular a taxa de retirada mais segura para garantir a integridade do testemunho.

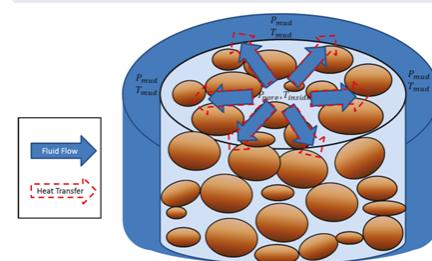


Figura 1: Difusividade em testemunhos.

## Resultados

O resultado obtido foi o desenvolvimento de um módulo capaz de calcular a máxima velocidade de retirada para os diferentes tipos de fluidos, tanto monofásico quanto bifásico. Permite determinar a velocidade de perfuração ao longo do poço e o tempo de operação. Também é possível observar a influência da permeabilidade (propriedade da rocha) e do tipo de fluido na taxa de velocidade do testemunho.

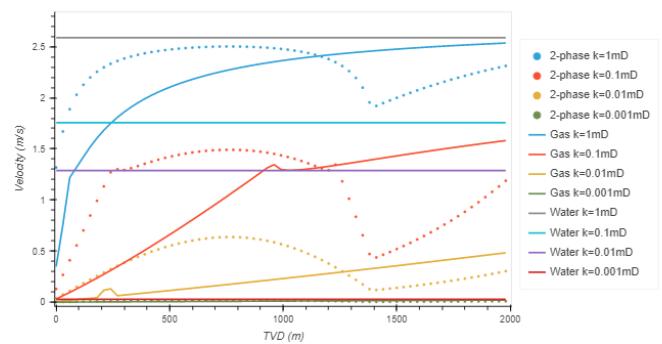


Figura 2: Apresentação da velocidade de retirada do testemunho relacionando a permeabilidade e o tipo do fluido.

# Reactive Programming e seu impacto em módulos da aplicação CAESAR

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

## Projeto de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Angular, Frontend, Rxjs

## Introdução

A programação reativa(PR) é um paradigma de desenvolvimento que lida com fluxos de dados assíncronos e a propagação de mudanças de forma automática (ver Figura 1). Diferentemente da programação imperativa tradicional, onde eventos são processados linearmente. Esse modelo se baseia em fluxos contínuos de dados que podem ser observados e reagidos à medida que ocorrem, promovendo a construção de sistemas mais responsivos, escaláveis e fáceis de manter, especialmente em interfaces frontend.

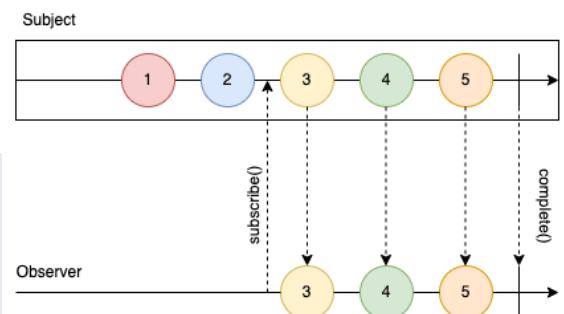


Figura 1: pattern observer.

## Metodologia

A metodologia adotada foi refatorar a implementação de um dos módulos do projeto CAESAR que calcula dados em tempo real de uma API. Inicialmente, o módulo foi implementado de forma tradicional, utilizando JavaScript imperativo. Em seguida, o mesmo módulo foi reescrito usando a biblioteca RxJS, adotando o paradigma reativo.

Na primeira versão, os dados eram atualizados com intervalos regulares por meio de consultas periódicas à API. Isso gerava sobrecarga no servidor e na interface do usuário, causando latência e travamentos quando a quantidade de dados aumentava. A lógica de atualização envolvia muitos condicionais e callbacks, resultando em código difícil de manter e depurar.

Na segunda versão, com RxJS, os dados da API eram tratados como um fluxo contínuo de eventos, sendo observados e atualizados automaticamente sempre que houvesse novas informações. A interface foi redesenhada para responder reativamente a essas mudanças, sem a necessidade de controles explícitos de estado.

## Resultados

A versão reativa da aplicação apresentou uma redução significativa no uso de recursos, especialmente no consumo de memória e no tempo de resposta da interface. A lógica de manipulação de eventos e atualização de dados foi simplificada, resultando em um código mais legível e fácil de manter. A capacidade do módulo em lidar com grandes volumes de dados também foi aprimorada, eliminando a latência percebida pelos usuários.

Esse estudo de caso destaca como a programação reativa pode melhorar o desempenho e a escalabilidade de aplicações frontend, além de proporcionar uma experiência de usuário mais suave e responsiva.

# Modelagem termo-poroelástica aplicada na avaliação da integridade de bainhas de cimento em poços de petróleo

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

Maria Clara L. Medeiros, Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Dissertação de mestrado, Engenharia civil**

Duração: 12 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Modelagem Termo-Poroelástica, Integridade da Bainha de Cimento, Poços de Petróleo

## Introdução

A integridade da bainha de cimento é vital para a segurança e eficiência de poços de petróleo e gás, fornecendo suporte mecânico e isolamento das zonas de produção ao longo da vida útil do poço. Abordagens baseadas na elasticidade ou termoelastичidade podem não capturar plenamente o comportamento poroelástico do cimento e das formações rochosas, especialmente com variações na pressão dos poros e nas tensões in situ. Nesse sentido, este estudo propõe uma modelagem numérica termo-poroelástica para avaliar as tensões e deformações na bainha de cimento durante as diferentes fases operacionais. Além disso, podem também ser investigadas problemáticas como falhas de cimentação, microfissuras no cimento e a descentralização e ovalização do revestimento, visando compreender sua influência na integridade estrutural da bainha.

## Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, a metodologia baseia-se nas seguintes etapas: i) revisão bibliográfica da temática de estudo; ii) desenvolvimento de um modelo numérico da seção transversal do poço que considere o sistema revestimento-bainha-formação; iii) incorporação do comportamento termo-poroelástico do cimento e da formação rochosa no modelo numérico; iv) validação da estratégia de modelagem mediante estudos de casos e comparação com resultados da literatura; e v) investigação da influência de algumas problemáticas no estado de tensão do sistema.

## Resultados

Atualmente, a segunda etapa da metodologia proposta está finalizada (ver Figura 2). A ferramenta escolhida para a modelagem computacional foi o Abaqus, software baseado em elementos finitos, devido à sua robustez na modelagem de diversos problemas e à disponibilidade de licença no laboratório. Os resultados confirmam a excelente aderência do Abaqus a soluções analíticas difundidas na literatura e sua capacidade para modelar problemas com acoplamento termo-poro-mecânico, com ou sem fluxo de fluido nos poros. Espera-se que o trabalho contribua para o entendimento da influência do comportamento poroelástico do cimento e do efeito de falhas na sua integridade e na do poço.

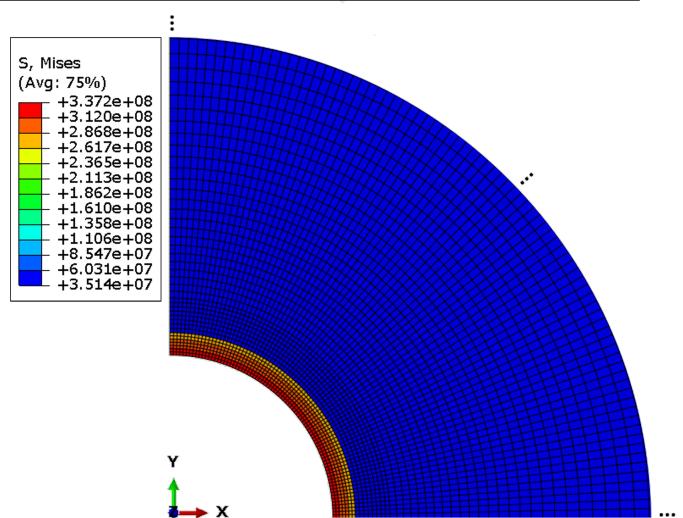


Figura 1: Modelagem numérica da seção do poço.

# Avaliação da Integridade Estrutural de Bainhas de Cimento em Poços de Petróleo

Maria Clara L. Medeiros (maria.medeiros@ctec.ufal.br)  
 Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PIBIC/UFAL

**Palavras-chave:** Bainha de cimento, Integridade estrutural, Poços de petróleo

## Introdução

Na construção de poços de petróleo, a fase de cimentação é crucial, exigindo análises minuciosas e avaliação de riscos. Uma cimentação mal executada pode levar a custos mais elevados e problemas operacionais. Este estudo tem como foco a modelagem analítica do sistema revestimento-cimento-formação, levando em consideração os deslocamentos e as tensões nas interfaces para avaliar a integridade estrutural da bainha de cimento em poços de petróleo. A modelagem numérica com o software ABAQUS é utilizada para avaliar as interações do sistema e verificar os resultados do modelo analítico.

## Metodologia

A metodologia proposta é baseada nos seguintes passos: a) definição do modelo mecânico de estudo; b) desenvolvimento de um modelo analítico para estimar o comportamento mecânico do sistema e avaliar a integridade da bainha de cimento; c) realização da modelagem numérica do problema utilizando um programa computacional baseado no Método dos Elementos Finitos; e d) verificação dos resultados obtidos nos passos b e c.

## Resultados

O estudo avaliou a distribuição de tensão radial e tangencial na bainha de cimento. Os resultados numéricos foram validados utilizando a solução analítica implementada e valores de referência da literatura. Conforme mostrado na Figura 2, as tensões calculadas por ambos os modelos apresentam forte concordância, com erros relativos inferiores a 1% para a tensão radial e abaixo de 2% para a tensão tangencial. As maiores concentrações de tensão foram observadas na interface cimento-revestimento. Essas descobertas destacam o potencial das ferramentas numéricas para verificar formulações analíticas, proporcionando análises rápidas que auxiliam na avaliação da integridade estrutural de bainhas de cimento.

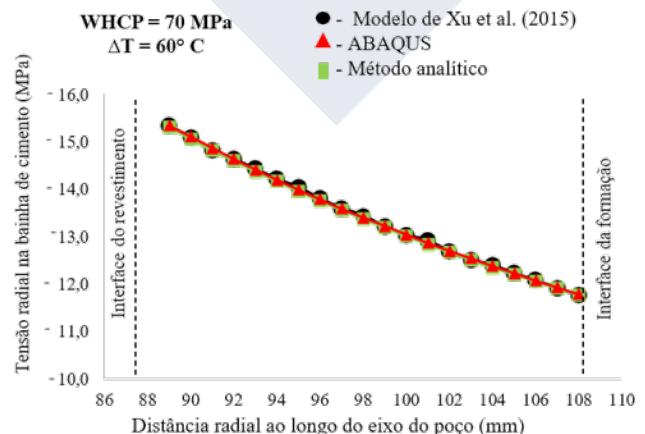


Figura 1: Distribuição da tensão radial na bainha de cimento ao longo do poço considerando um acréscimo de 60°C na temperatura do poço.

# Desenvolvimento de uma estratégia para modelagem de falha de cimentação de poços de petróleo em região salina

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

Thiago B. Silva, Catarina N. A. Fernandes, João Paulo L. Santos, William Wagner M. Lira

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Falha de cimentação, Fluênciça salina, APB

## Introdução

O objetivo dessa atividade é o desenvolvimento de uma estratégia computacional para avaliar cargas não uniformes em revestimentos devido à falha de cimentação em poços de petróleo perfurados através de formações salinas. A falha de cimentação nas operações de poço ocorre quando há preenchimento inadequado da pasta de cimento entre os revestimentos do poço ou entre o revestimento e a formação rochosa adjacente. Em regiões de rochas salinas, a falha de cimentação entre o revestimento e a formação permite que os deslocamentos de fluênciça da rocha adentrem nos espaços vazios da falha, conduzindo a aplicação de cargas não uniformes no perímetro externo do revestimento. Quando a falha de cimentação ocorre entre revestimentos do poço, o problema surge na presença de fluidos aprisionados nos espaços vazios e ocorre, simultaneamente, o aumento de temperatura do poço. Nesse caso, a tendência de expansão do fluido resulta no incremento de tensão no contorno da falha. Em ambos os casos, essa concentração de cargas não uniformes e localizadas pode atuar no revestimento, comprometendo sua integridade ao longo do ciclo de vida do poço. Diante disso, Modelos analíticos e numéricos são essenciais para avaliar estas condições particulares de carregamento.

## Metodologia

A metodologia do trabalho é baseada nas seguintes etapas: a) desenvolvimento de estratégia para modelagem da falha na presença de rochas salinas; b) desenvolvimento de estratégia para modelagem da falha com fluido aprisionado na presença de variação de temperatura; c) validação das estratégias desenvolvidas mediante comparação com exemplos da literatura; e d) definição de cenário de estudo de caso para modelagem da falha incorporando as duas estratégias desenvolvidas.

## Resultados

A estratégia computacional desenvolvida é utilizada para modelar regiões críticas de falha de cimentação no software Abaqus, a partir de modelos baseados em estado plano de tensão. Este software implementa o método dos elementos finitos e fornece ferramentas para modelar fluidos trapeados (*fluid cavity*) e o comportamento de fluênciça do sal, tornando possível considerar ambos os fenômenos na mesma modelagem. O estágio atual da pesquisa é de comparação e verificação com resultados encontrados na literatura e com outras ferramentas. A Figura 2 ilustra o campo de deslocamento de um cenário estudado, obtido a partir da estratégia em desenvolvimento.

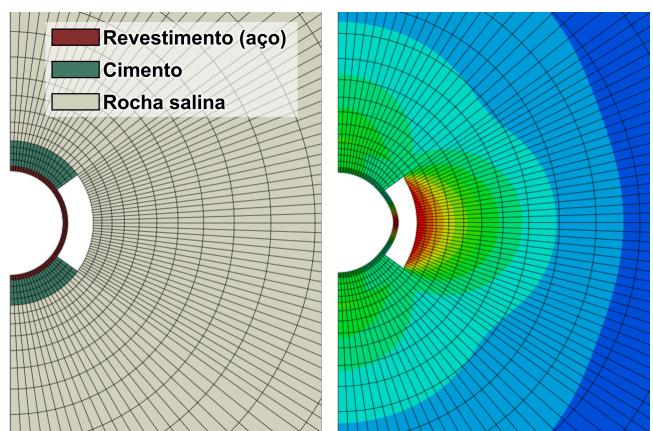


Figura 1: Modelo e malha deformada.

# Modelagem transiente da transferência de calor em poços de petróleo

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

Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Dissertação de mestrado, Engenharia civil**

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Campo de Temperatura, Transferência de Calor Transiente, Poços de Petróleo

## Introdução

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo para prever o campo de temperatura transiente em poços de petróleo verticais. Tradicionalmente, a estratégia mais utilizada para modelar fenômenos térmicos em poços é a abordagem pseudo-estacionária, que considera a transferência de calor no poço em regime permanente. No entanto, essa simplificação pode introduzir erros significativos nas temperaturas previstas, especialmente nos instantes iniciais. Uma estratégia bem menos explorada é a abordagem transiente, a qual considera os efeitos transitórios no poço, o que melhora a precisão, mas torna o modelo mais complexo. Devido a isso, muitos trabalhos modelam a transferência de calor transiente desprezando a radiação nos anulares, negligenciando a convecção na superfície ou não considerando as parcelas transitórias nas equações de conservação de massa e quantidade de movimento. Diante disso, este trabalho busca desenvolver um modelo para transferência de calor transiente em poços verticais, incorporando os fenômenos anteriormente citados.

## Metodologia

A metodologia adotada nesse trabalho é baseada em quatro macroetapas: a) levantamento bibliográfico sobre a modelagem da transferência de calor em poços de petróleo; b) desenvolvimento da formulação matemática do modelo proposto; c) implementação computacional de um procedimento eficiente e confiável para a solução do modelo matemático; e d) validação do modelo desenvolvido e realização de estudos comparativos.

## Resultados

O trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento. Até o momento, o problema foi investigado por meio de uma revisão da literatura, e a formulação matemática a ser empregada foi estabelecida. Os esforços atuais concentram-se na definição do procedimento numérico a ser adotado na solução do modelo matemático, para posterior validação. Pretende-se, ainda, comparar o modelo desenvolvido com outro modelo transiente da literatura e com um modelo pseudo-estacionário, visando avaliar a precisão e a eficiência das diferentes abordagens ao longo do tempo de produção. A temperatura no topo do poço utilizado para validação é apresentada na Figura 1, em comparação com o modelo pseudo-estacionário. Com a implementação do modelo transiente, espera-se que as respostas

obtidas apresentem maior precisão, uma vez que mais fenômenos serão incorporados à análise.

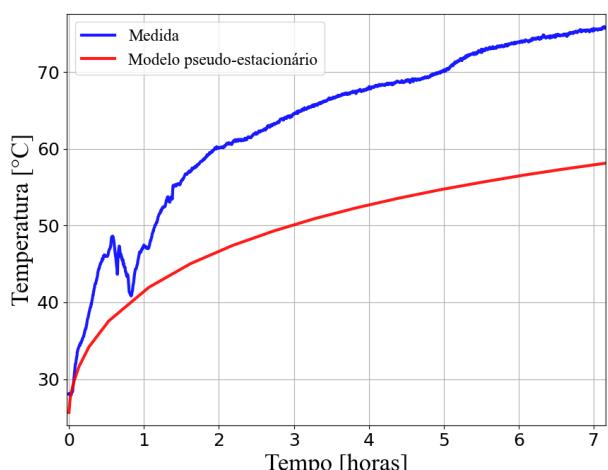


Figura 1: Resultados preliminares.

# Um modelo para prever perfis de temperatura em poços de petróleo durante operações de gás-lift

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

Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

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

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Campo de Temperatura, Elevação Artificial, Poços de Petróleo

## Introdução

A indústria do petróleo é altamente dependente de técnicas de elevação artificial. Uma dessas técnicas é o gás-lift, na qual gás é injetado pelo primeiro anular para reduzir a pressão estática e facilitar a ascensão do petróleo até a superfície (ver Figura 1). Nessas operações, o conhecimento dos perfis de temperatura nos componentes do poço é essencial para segurança e eficiência da produção. Entretanto, a obtenção desses perfis em campo é praticamente inexequível, o que incentiva o desenvolvimento de modelos para esse fim. Neste cenário, o objetivo deste trabalho é desenvolver um procedimento numérico capaz de obter o campo de temperatura em poços de petróleo durante

operações de elevação artificial por gás-lift.

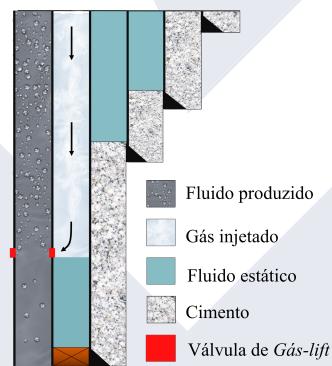


Figura 1: Esquema de operação por gás-lift.

## Metodologia

A metodologia adotada nesse trabalho é baseada em três macroetapas: a) desenvolvimento da formulação matemática do problema; b) implementação computacional de um procedimento para solucionar o modelo matemático desenvolvido na etapa anterior; e c) verificação da estratégia através da comparação entre os resultados obtidos com perfis de temperatura da literatura.

## Resultados

O trabalho está em andamento. Até o momento, a formulação matemática foi desenvolvida e o procedimento de solução foi implementado. Atualmente, o modelo encontra-se em fase de verificação, visando garantir a validade do modelo matemático e da implementação computacional. A primeira verificação foi realizada com base em um poço simples descrito na literatura, um caso simplificado com apenas um revestimento e um anular. Os resultados obtidos, apresentados na Figura 2, demonstraram congruência com a referência. A implementação segue em processo de verificação, agora com cenários mais realistas, nos quais também são investigadas as correlações mais adequadas para o

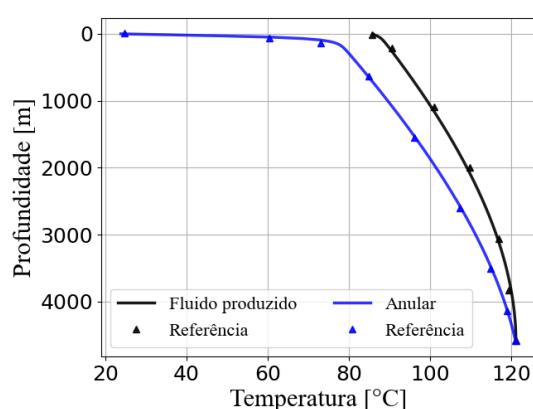


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Modelagem Numérica do Alívio de Pressão em Anulares de Poços de Petróleo

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

Thiago B. Silva, Catarina N. A. Fernandes, William Wagner M. Lira

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

Duração: 6 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Aumento de Pressão em Anulares (APB), Alívio de Pressão no Anular

## Introdução

O objetivo desta atividade é simular numericamente o fenômeno do aumento de pressão em anulares de poços de petróleo (APB - *Annular Pressure Build-up*), com a presença de mecanismos de alívio de pressão. Ao longo da vida útil do poço, diferentes operações provocam variações em sua temperatura, causando incrementos de pressão em seus espaços anulares. Em poços onshore, a pressão pode ser aliviada drenando parte do volume de fluido para a superfície. Em poços offshore, esse procedimento costuma ser realizado apenas no anular entre o tubo e o revestimento de produção, devido à dificuldade de acesso aos demais anulares. Adicionalmente, o aumento de pressão pode fraturar a rocha. Nesse sentido, uma parcela do volume drena para a formação reduzindo a pressão no anular. Métodos computacionais são desenvolvidos para estimar o APB, considerando, inclusive, o alívio.

## Metodologia

A Figura 1 ilustra a metodologia utilizada para alcançar o objetivo. A primeira etapa da atividade consiste na modelagem dos dois mecanismos de alívio estudados: no anular ventilado é calculado o volume de fluido drenado necessário para que o APB deste anular seja nulo; no alívio por fratura é determinada a pressão máxima na profundidade do fraturamento. Dessa forma, se a pressão calculada superar a pressão máxima, é calculado o volume de fluido necessário para aliviar esta pressão, equalizando com a máxima. Em seguida,

é realizada a simulação de um cenário sem alívio de pressão. Então, esse cenário é simulado com os mecanismos de alívio descritos. Finalmente, os resultados são comparados, inclusive com as respostas fornecidas por softwares comerciais.

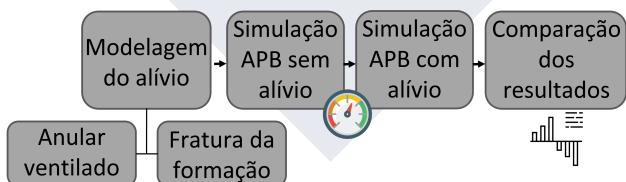


Figura 1: Metodologia da atividade.

## Resultados

Os dados de um poço de referência, com quatro anulares, já simulado em outros dois simuladores comerciais, é reproduzido com o simulador desenvolvido. De acordo com a Figura 2 é observada uma boa concordância entre os resultados. Com uma diferença máxima de 317 psi (6,78%) para o software comercial 1 e 28 psi (14,0%) para o software comercial 2. As próximas etapas consistem em avaliar mais cenários, estudar e reduzir as diferenças observadas.

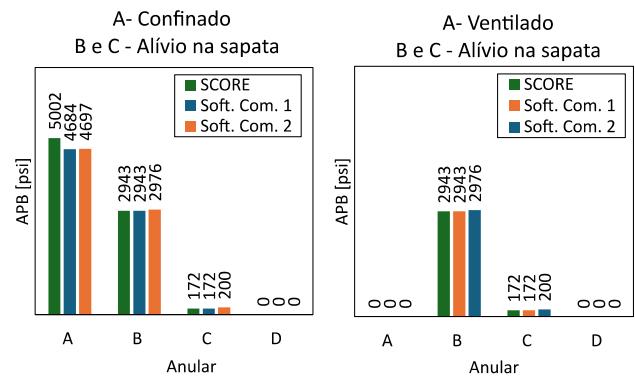


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Influência do Topo de Cimento na Mitigação do APB em Poços de Alta Pressão e Alta Temperatura

**Antonio P. O. Teodoro** (antonio.teodoro@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Gilberto Lucas L. Santos, Thiago B. Silva, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Mitigação do APB, Integridade estrutural, Leak-off

## Introdução

A exploração de petróleo em poços ultra profundos, com altas pressões e temperaturas, enfrenta o desafio do aumento de pressão anular (APB - *Annular Pressure Buildup*), que ocorre devido a variação de temperatura dos fluidos confinados nos espaços anulares. O APB pode comprometer a estrutura do poço em alguns casos. Reduzir a altura do topo do cimento (TOC - *Top of Cement*) em um anular é uma solução para mitigar o APB, pois diminuir o TOC abaixo da sapata do revestimento anterior permite a drenagem dos fluidos para a formação, *leak-off*. Este trabalho consiste em estudar o comportamento do APB em

função da altura do TOC no anular B de um poço, ilustrado na Figura 1.

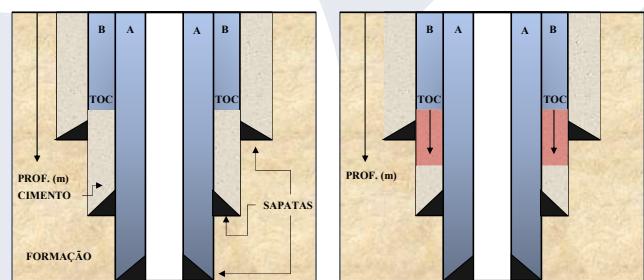


Figura 1: Representação do cenário de poço fictício com variação das alturas do TOC. Fonte: Autores.

## Metodologia

A metodologia deste trabalho é baseada em quatro etapas: i) estudo sobre a caracterização e modelagem do APB; ii) implementação de um modelo numérico proposto na literatura para calcular o APB considerando o *leak-off* para a formação; iii) simulação de cenários variando o TOC; e iv) análise dos resultados para observar a relação entre o APB, as alturas do TOC e a integridade estrutural dos revestimentos.

## Resultados

A análise dos resultados, Figura 2, indica que a redução do TOC no anular B não só diminui o APB nesse anular, mas também desacelera o seu crescimento no anular adjacente, pois o *leak-off* aumenta à medida que o TOC é reduzido, aliviando o APB. Adicionalmente, o APB calculado fica em níveis abaixo dos limites permissíveis à medida que o TOC é reduzido. Porém, a definição do TOC deve ser realizada observando também outros carregamentos que afetam a estabilidade do poço como um todo.

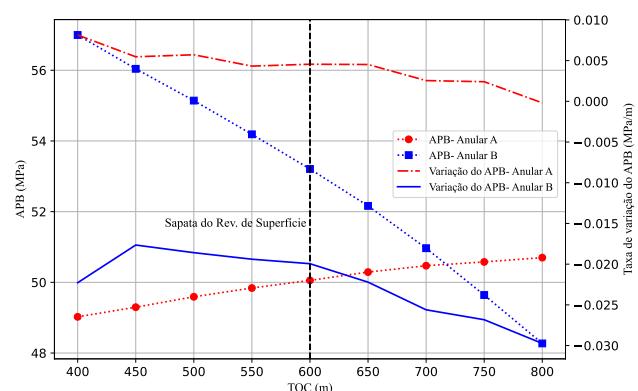


Figura 2: Resultados do APB e suas taxas de variação. Fonte: Autores.

# Modelagem computacional da expansão térmica de fluidos confinados em anulares de poços de petróleo

Gabriele K. M. Lins (gabriele.lins@ctec.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Thiago B. Silva, Gleide K. M. Lins, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PIBIC/CNPq

**Palavras-chave:** Aumento de Pressão Anular (APB), Variação Térmica, Fluxo de Massa

## Introdução

Este trabalho tem como objetivo estudar e comparar estratégias de modelagem numérica do fenômeno de APB (Annular Pressure Build-up) em poços verticais de petróleo, decorrente da expansão dos fluidos nos anulares devido a variações térmicas. Esse fenômeno é crítico em águas profundas, onde as diferenças de temperatura e pressão são maiores, aumentando as tensões nos revestimentos e, consequentemente, o risco de falhas estruturais. Dada a relevância do tema e as dificuldades associadas à reprodução analítica do APB, diversos autores têm recorrido à modelagem numérica com o uso de softwares de elementos finitos, como o Abaqus. Neste trabalho, são avaliadas duas estratégias de modelagem no Abaqus, ambas utilizando a abordagem axissimétrica do problema, e a interação fluid cavity para o representar comportamento do fluido. A principal diferença entre as estratégias reside na abordagem da expansão térmica: enquanto uma calcula o APB a partir da aplicação direta de uma variação térmica, a outra utiliza um fluxo de massa equivalente para reproduzir o efeito térmico.

## Metodologia

Com o intuito de atingir os objetivos propostos, a metodologia é baseada em 4 etapas principais: a) Revisão bibliográfica; b) Elaboração e simulação de um modelo simplificado no software Abaqus, para reproduzir as estratégias escolhidas; c) Comparação e discussão a cerca dos resultados obtidos; e d) Levantamento, Modelagem e simulação de cenários mais complexos Figura 1, buscando referências com resultados para validação das implementações.

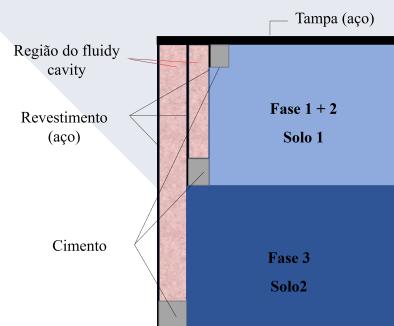


Figura 1: Representação axissimétrica do caso de estudo.

## Resultados

Diante do estudo realizado, observa-se que a metodologia baseada na equação nativa do Abaqus se destaca por sua simplicidade e eficiência, proporcionando uma implementação direta e menor tempo de simulação. Em contrapartida, a metodologia que utiliza o fluxo de massa equivalente mostrou-se mais alinhada com os resultados de referência, oferecendo uma representação mais precisa das condições reais do problema. No estudo de caso, os Anulares A e B apresentaram respostas distintas devido à maior complexidade do modelo e à interação entre os comportamentos de ambos os anulares. Apesar das diferenças metodológicas, ambas as abordagens levam a resultados semelhantes, sendo que a segunda oferece a oportunidade de modelar fluidos com diferentes comportamentos.

# Contribuição ao estudo do comportamento da elevação de pressão em anulares confinados em poços direcionais

**Maria Luiza N. Lopes** (maria.nunes@ctec.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, Gilberto Lucas L. Santos, Luiz E. Silva Filho, William Wagner M. Lira

**Iniciação científica**, Engenharia civil

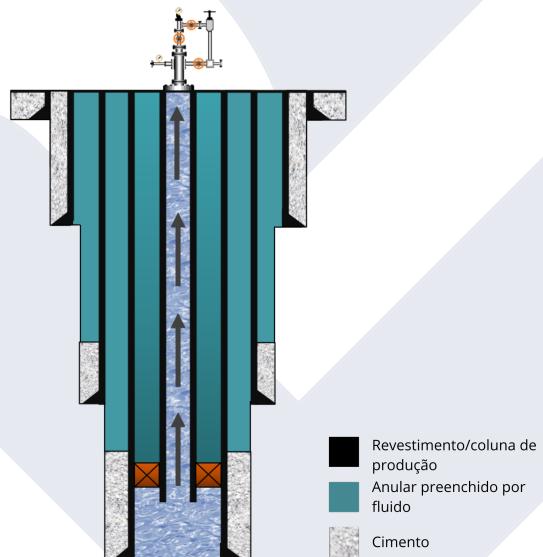
Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PIBIC/CNPq

**Palavras-chave:** APB, Expansão térmica, Poços direcionais

## Introdução

A elevação de pressão em anulares confinados (APB - do inglês Annular Pressure Buildup) é um fenômeno bastante estudado na indústria do petróleo. Durante o processo de construção do poço, algumas regiões (anulares) ficam preenchidas por fluidos (ver Figura 1). Quando o hidrocarboneto, a temperaturas elevadas, passa pela coluna de produção, há uma elevação da temperatura de toda a estrutura do poço. Com a variação de temperatura, os fluidos tendem a se expandir, mas como não há espaço para expansão, ocorre uma elevação da pressão nesses fluidos, que pode sobrecarregar os revestimentos do poço, levando à perda de sua integridade estrutural. Esse fenômeno é bastante estudado em poços verticais, mas há pouca pesquisa acerca da influência da inclinação do poço no APB. Neste cenário, o presente trabalho propõe-se a realizar um estudo do APB em poços direcionais.



## Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho é baseada em quatro macroetapas: a) levantamento bibliográfico sobre a construção de poços de petróleo e sobre a modelagem de APB utilizando métodos computacionais; b) escolha e modelagem de um poço de referência para o estudo; c) elaboração e simulação de cenários do poço de referência com diferentes inclinações, avaliando o APB associado a cada cenário; e d) comparação e análise dos resultados obtidos, observando a influência da inclinação na variações de pressões, no campo de deslocamento e no campo de tensões.

## Resultados

O trabalho está em fase inicial, de modo que no presente momento a etapa de revisão bibliográfica está em realização. Ainda não há resultados preliminares para serem apresentados. Contudo, espera-se que, com a realização do trabalho, os resultados obtidos possam proporcionar uma contribuição significativa para a compreensão de como a inclinação de poços influencia o aumento de pressão nos anulares e, por consequência, contribuir para um melhor entendimento dos esforços que atuam nos revestimentos, o que pode ter implicações relevantes para a segurança e eficiência das operações em poços.

# Um Modelo de Elementos Finitos para Previsão de Esforços Axiais com Atrito em COP/COI

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

Catarina N. A. Fernandes, João Paulo N. Araújo, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Elementos finitos, Forças axiais, Atrito

## Introdução

As forças axiais em colunas de produção e injeção (COP/COI) impactam sua integridade e são influenciadas pelo atrito. As forças de atrito surgem do contato entre a coluna e o revestimento, quando a coluna sofre flambagem. Devido à variedade de cargas operacionais, soluções analíticas são limitadas, e uma solução geral requer uma abordagem numérica. Na literatura há um modelo que adota essa abordagem, utilizando um elemento finito misto unidimensional, que tem graus de liberdade de deslocamentos e deformações, o que introduz certas complexidades. Nesse contexto, este estudo apresenta um modelo de elementos finitos que considera elementos com graus de liberdade em deslocamento (Figura 1)

para prever forças axiais com atrito em COP/COI sob condições operacionais.

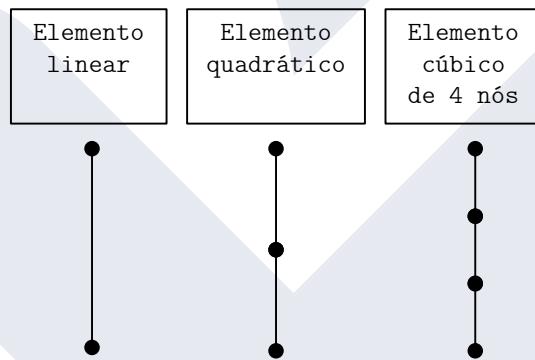


Figura 1: Elementos finitos propostos para a modelagem.

## Metodologia

Para atingir o objetivo proposto, a metodologia é dividida em três etapas: i) implementação computacional de elementos com deslocamento linear, quadrático e cúbico no modelo para previsão de esforços axiais com atrito; ii) verificação da implementação computacional dos elementos através da simulação de um exemplo clássico com solução analítica conhecida; iii) realização de um estudo de caso, comparando esforços axiais e custo computacional entre o modelo proposto e o de referência.

## Resultados

Os elementos finitos linear, quadrático e cúbico de 4 nós foram implementados e verificados com sucesso. A Figura 2 apresenta a força axial no estudo de caso de uma coluna de produção vertical sob produção surgente. Diferentemente do elemento de referência, os elementos propostos não formam ruídos nas regiões de variação de diâmetro. Em termos de custo computacional, as simulações duram apenas alguns segundos, sendo o elemento quadrático o mais eficiente devido ao seu menor número de graus de liberdade.

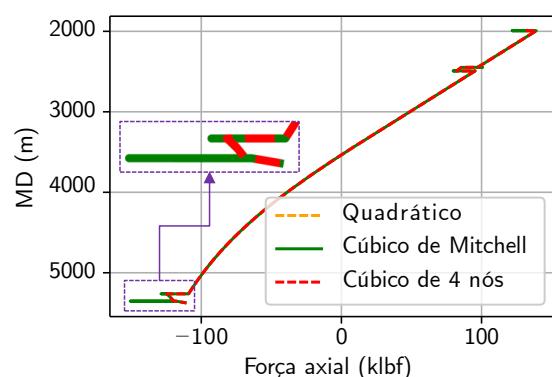


Figura 2: Forças axiais no estudo de caso.

# Modelagem Numérica de Flambagem em COP/COI com Inclusão de Equipamentos

**Otávio Bruno A. Rodrigues** (otavio.rodrigues@lccv.ufal.br)  
 Catarina N. A. Fernandes, João Paulo N. Araújo, Gabriele K. M. Lins

**Atividade de P&D**  
 Duração: 12 meses (Em andamento)  
 Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Flambagem, Equipamentos, Elementos finitos

## Introdução

As colunas de produção e injeção (COP/COI) contêm equipamentos que causam variações no raio do anular, influenciando o fenômeno de flambagem (Figura 1). Embora exista uma solução analítica para essas variações, sua construção é complexa, o que resulta em limitações, como a restrição a certos intervalos de raio do anular e a consideração do atrito. Assim, este trabalho busca desenvolver uma modelagem numérica da flambagem em COP/COI, incluindo a presença de equipamentos.

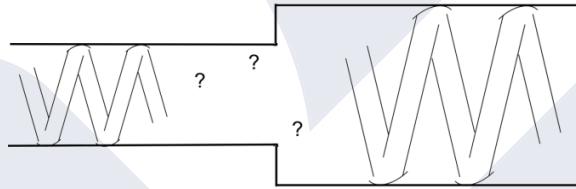


Figura 1: Flambagem. Fonte: Mitchell (2008).

## Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia adotada é dividida em cinco etapas: i) modelagem da flambagem em tubular vertical no ABAQUS; ii) simulação de flambagem em COP/COI; iii) comparação dos resultados obtidos nas etapas anteriores com soluções analítica e SCORE; iv) inclusão de equipamentos na modelagem de flambagem; v) comparação de esforços axiais na coluna obtidos pelo ABAQUS, com e sem equipamentos, e verificação com o SCORE.

## Resultados

A modelagem da flambagem no tubular vertical e na COP/COI foi realizada com sucesso no ABAQUS. A Figura 2 apresenta os esforços axiais com e sem bending a partir do ABAQUS e do SCORE em uma COP/COI biengastada. Observa-se uma boa concordância entre os esforços sem bending. Em relação às diferenças nos outros resultados, a transição de diâmetro na coluna aumenta o esforço por dobramento na seção imediatamente anterior. Em contrapartida, na região do packer fixo, o efeito é inverso, resultando em um esforço axial menor por dobramento. Esses efeitos não são capturados pelo SCORE, pois sua modelagem de flambagem considera um passo de hélice constante.

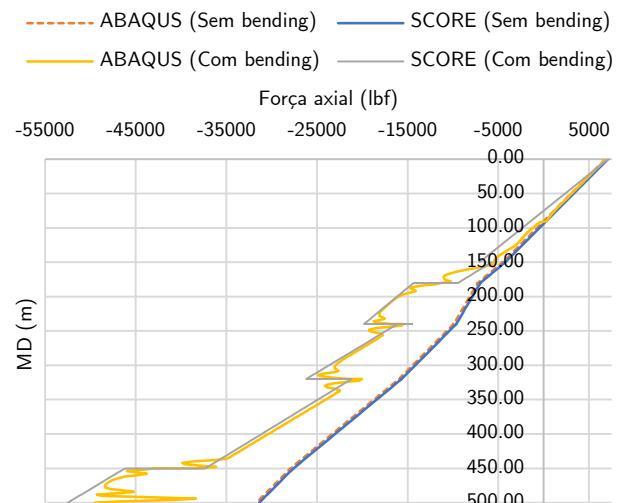


Figura 2: Resultados da aplicação em coluna composta.

# Detecção de anomalias em poços de petróleo com TranAD: Rede neural transformer de aprendizagem profunda

Igor M. N. Oliveira (igornergy@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., Thales M. A. Vieira, Davi L. Ramos, Andressa C. A. Silva, Bruno B. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de anomalias, TranAD, Transformer

## Introdução

Nos últimos anos, técnicas avançadas de detecção de anomalias têm sido aplicadas em poços de petróleo, com o objetivo de aumentar a segurança operacional e a integridade das operações. O estudo realizado utilizou o modelo TranAD, uma rede neural baseada em transformadores profundos, para identificar eventos indesejados, como o fechamento espúrio de válvulas de segurança. O banco de dados público 3W, fornecido pela Petrobras, foi empregado como base de testes, o que permitiu uma validação robusta dos métodos propostos.

## Metodologia

O estudo explorou diversas abordagens de pré-processamento de dados e combinações de inputs para a rede autoencoder baseada em transformers. Foram testados diferentes métodos de treinamento, incluindo o treinamento local, que utiliza dados específicos de cada poço, e o treinamento global, que abrange dados de múltiplos poços. A escolha pelo modelo transformer foi motivada por sua capacidade de realizar treinamento utilizando exclusivamente dados não anômalos, e posterior avaliação em cenários contendo anomalias, o que o torna ideal para lidar com conjuntos de dados altamente desbalanceados e com eventos raros.

Durante o pré-processamento, foram analisadas

estratégias de normalização e imputação de valores faltantes para mitigar o impacto de dados ausentes ou defeituosos. O desempenho das abordagens foi avaliado por meio de métricas como F1-Score e curvas de precision-recall, que forneceram insights cruciais sobre a capacidade do modelo de detectar anomalias, mesmo em cenários desafiadores e com variabilidade operacional significativa.

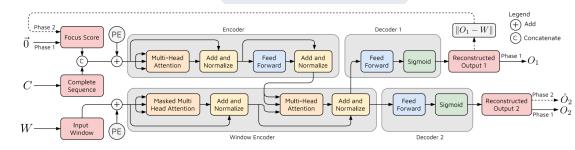


Figura 1: Modelo TranAD.

## Resultados

Os resultados indicaram que o modelo TranAD apresentou alta eficácia na detecção de anomalias quando aplicado a poços específicos, alcançando um F1-Score médio de 0,983. Entretanto, observou-se uma redução no desempenho ao utilizar o modelo global, com o F1-Score caindo para 0,797, sugerindo que o modelo é sensível às condições específicas de cada poço. Esses resultados reforçam o potencial do TranAD para aprimorar a detecção de eventos críticos em operações de poços de petróleo, contribuindo para

o desenvolvimento de metodologias mais robustas e aplicáveis à indústria de óleo e gás.

Author	Mean (and STD) of F1-score
Vargas et al.	0.727 (0.1822)
Fernandes Jr. et al.	0.870 (0.14)
Turan and Jaschke.	0.921 (0.1027)
Marins et al.	0.971*
	0.990* (0.0070)
	0.918* (0.0817)
This paper	<b>0.983 (0.1142)</b>
	0.797 (0.3978)

\*only ACCb was provided from author Marins et al.

Figura 2: Comparação com outros trabalhos.

# Aprimorando a Detecção de Anomalias em Poços de Petróleo com a Arquitetura UNet

**Davi L. Ramos** (davi.ramos@lccv.ufal.br)

Eduardo T. Lima Jr., Thales M. A. Vieira, Andressa C. A. Silva, Bruno B. Santos, Igor M. N. Oliveira

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de Anomalias, Transformer, UNet

## Introdução

O presente projeto tem como objetivo aplicar a arquitetura UNet para a detecção de anomalias em poços de petróleo, utilizando dados reais de sensores de seis poços operacionais. A identificação de eventos inesperados, como vazamentos e fechamentos espúrios de válvulas, é essencial para prevenir perdas de produção e minimizar riscos ambientais na indústria de petróleo e gás. Devido à complexidade dos dados operacionais, com padrões diversos e condições de operação variáveis, a detecção precisa de anomalias representa um desafio significativo.

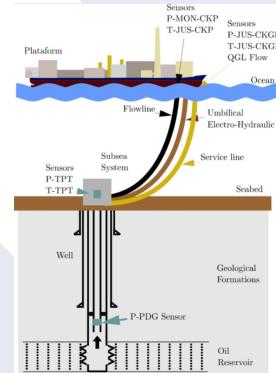


Figura 1: Esquema simplificado de sensoriamento de poço em produção.

## Metodologia

Inicialmente, eventos importantes estão sendo identificados nos dados coletados dos poços, analisando mudanças abruptas nas leituras de pressão e temperatura fornecidas pelos sensores TPT e PDG. A UNet está sendo treinada com um conjunto de dados que inclui tanto eventos marcados como importantes quanto eventos não importantes, permitindo que o modelo aprenda a reconhecer diferentes padrões de comportamento. Posteriormente, será realizada uma etapa adicional para avaliar se os eventos identificados como importantes correspondem efetivamente a anomalias. Essa avaliação busca

aprimorar a capacidade do modelo em distinguir entre variações normais de operação e eventos anômalos, aumentando a precisão na detecção em tempo real.

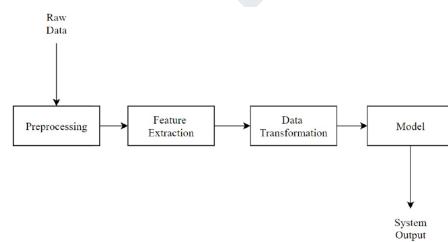


Figura 2: Framework do sistema de detecção de anomalia .

## Resultados

Espera-se que a utilização da UNet, aliada a esse processo de validação, melhore a eficácia na detecção de anomalias em comparação com métodos tradicionais de aprendizado de máquina. O projeto encontra-se em desenvolvimento, e os resultados obtidos poderão contribuir significativamente para a segurança operacional e a eficiência na indústria de petróleo e gás, permitindo uma identificação mais rápida e precisa de eventos críticos.

# Detecção de Eventos Inesperados em Poços de Petróleo Usando Aprendizado de Máquina com Local Outlier Factor

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

Igor M. N. Oliveira, Eduardo T. Lima Jr., Thales M. A. Vieira, Davi L. Ramos, Bruno B. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de Anomalias, Monitoramento de Poços, Local Outlier Factor

## Introdução

O presente projeto de estudo tem como objetivo identificar anomalias em poços de petróleo, produtores e injetores, por meio de monitoramento baseado em sensores (ver Figura 1), combinado com modelagem computacional. O propósito é manter a integridade dos poços, garantindo a segurança operacional, preservando o meio ambiente e minimizando as perdas de produção. Para alcançar esses objetivos, foi avaliado e estudado o classificador de classe única Local Outlier Factor (LOF), um método baseado em densidade, focando principalmente na detecção de anomalias em Válvulas de Controle de Fluxo (ICVs) através de séries temporais multivariadas disponibilizadas pela indústria.

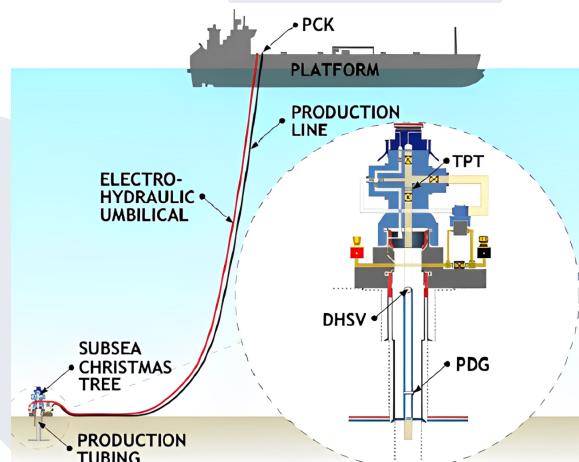


Figura 1: Ilustração dos sensores em poços de petróleo.

## Metodologia

O Local Outlier Factor é uma técnica não supervisionada amplamente utilizada para detecção de anomalias. No estudo, foram usados dados de anomalias em Válvulas de Controle de Fluxo fornecidos pela indústria, passando por um pré-processamento que selecionou apenas as informações mais relevantes. Para otimizar o desempenho do modelo, foi aplicado o GridSearch da biblioteca scikit-learn, ajustando os hiperparâmetros e descartando características irrelevantes. Após a configuração, o modelo foi avaliado comparando-se à classificação humana e utilizando métricas como precisão (PR), acurácia (ACC) e F1 Score .

## Resultados

Este projeto desenvolveu uma ferramenta de detecção de anomalias utilizando modelagem computacional e aprendizado de máquina não supervisionado, com o método LOF. Devido ao elevado potencial do LOF em detectar outliers, baseado na densidade de um ponto em relação aos seus vizinhos, o modelo proposto auxiliará na identificação de anomalias críticas nos poços de petróleo, contribuindo para a segurança operacional e a redução de perdas na produção

(ver Figura 2).



Figura 2: Resultados da aplicação.

# Avanços na Detecção de Eventos Inesperados em Poços Usando Aprendizado Profundo com Local Outlier Factor e Autoencoders

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

Igor M. N. Oliveira, Eduardo T. Lima Jr., Thales M. A. Vieira, Davi L. Ramos, Bruno B. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de Anomalias, Autoencoders, Local Outlier Factor

## Introdução

O presente estudo tem como objetivo a busca pelo avanço na avaliação e identificação de anomalias em poços de produção de petróleo. Dois modelos bem estabelecidos para detecção de anomalias foram estudados e combinados para criar uma nova metodologia para identificação de dados anômalos em poços de produção e injeção. A abordagem utiliza um autoencoder de aprendizado profundo em conjunto com um classificador de classe única baseado em densidade, o Local Outlier Factor (LOF). Treinada e validada em extensos dados reais, a estrutura proposta prova ser aplicável para monitoramento em tempo real, fornecendo detecção oportuna a um custo computacional acessível. Assim, oferece à indústria petrolífera um meio de prevenção de acidentes e redução de perdas numa ampla gama de eventos críticos.

## Metodologia

Este trabalho emprega dados reais de anomalias em Válvulas de Controle de Fluxo (ICV), disponibilizados pela indústria. Primeiro, os conjuntos de dados foram submetidos ao autoencoder para gerar novos dados de entrada reconstruídos que se assemelham muito aos dados originais, mas com dimensões reduzidas. Em seguida, essas representações latentes foram alimentadas no LOF para prever estados anômalos, e o desempenho do modelo foi avaliado comparando essas previsões com a classificação usual baseada em humanos (ver figura 2). As métricas de avaliação consistiram nos valores das

matrizes de confusão para cálculo de precisão (PR), acurácia (ACC) e F1 Score para posterior comparação com modelos já existentes na literatura.

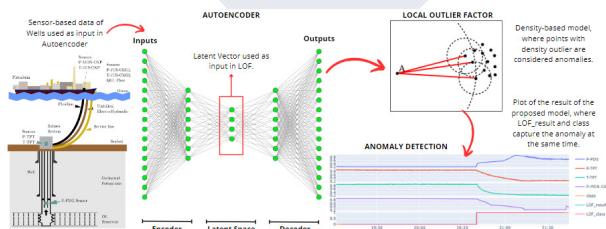


Figura 1: Metodologia da abordagem proposta.

## Resultados

A força deste método reside na sua versatilidade, uma vez que pode ser aplicado a uma ampla gama de anomalias encontradas em condições reais de operação de poços industriais. Desenvolvido através da integração de duas técnicas de aprendizado de máquina, a ferramenta resultante constitui um sistema inovador de detecção de eventos críticos com foco na melhoria da precisão e robustez na identificação de estados anômalos. Esse processo é impulsionado pela utilização do vetor latente gerado pelo autoencoder, que realiza uma redução de dimensionalidade dos dados de entrada e aplica essa representação ao modelo Local Outlier Factor, enfatizando os principais padrões comportamentais nos dados.

# Redução Dimensional com t-SNE para Visualização de Anomalias em Poços de Petróleo

**Bruno B. Santos** (bruno.batista@ctec.ufal.br)

Igor M. N. Oliveira, Eduardo T. Lima Jr., Thales M. A. Vieira, Davi L. Ramos, Andressa C. A. Silva

## Iniciação científica

Duração: 24 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Detecção de anomalias, Redução dimensional, TSNE

## Introdução

Os poços de petróleo, sejam eles injetores ou produtores, estão expostos a uma variedade de variáveis dinâmicas e interdependentes, que são monitoradas por sensores ao longo do poço. Dado o comportamento oscilatório dessas variáveis e a disparidade nas suas escalas, o uso de técnicas de aprendizado de máquina torna-se fundamental para analisar e classificar o estado do poço. Contudo, mesmo para softwares avançados, a identificação de anomalias continua sendo um grande desafio. Diante desse cenário, este trabalho visa realizar a visualização da redução dimensional das variáveis monitoradas em poços de petróleo por meio do t-SNE. Espera-se que, por meio dessa visualização, seja possível identificar padrões de comportamento antes e depois da ocorrência de anomalias.

## Metodologia

Os dados utilizados neste estudo são datasets em formato CSV de poços reais com anomalias, fornecidos pela Petrobras. As informações de pressão e temperatura foram obtidas por sensores TPT, PDG e PT em 8 localizações diferentes do poço. Utilizando a linguagem de programação Python, foi implementado o método t-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding) para realizar a redução dimensional desses dados de 8 dimensões. O t-SNE transforma as similaridades entre os pontos de dados em probabilidades conjuntas e busca minimizar a divergência entre essas distribuições nas dimensões altas e baixas. Isso gera uma representação visual na qual pontos semelhantes ficam próximos, enquanto pontos distintos ficam mais distantes. Durante a implementação, o hiperparâmetro "perplexity" foi ajustado, indo do valor padrão de 30 até 100, com o objetivo de obter melhores resultados visuais. Para destacar o momento em que a anomalia ocorreu, foram elaborados gráficos com duas escalas de cores: tons de cinza antes da anomalia e um gradiente de cores frias a quentes após a ocorrência. Com essa abordagem, espera-se que um novo cluster se forme na presença de pontos anômalos.

## Resultados

Os resultados mostraram que o t-SNE foi eficaz na redução de dimensionalidade e na visualização de padrões em dados de poços de petróleo. A formação de clusters evidenciou comportamentos distintos antes e após anomalias, facilitando sua identificação. Além de destacar o comportamento anômalo, essa visualização pode auxiliar na validação de modelos de algoritmos que buscam detectar anomalias por meio de análise temporal, contribuindo para a melhoria da detecção em poços de petróleo.

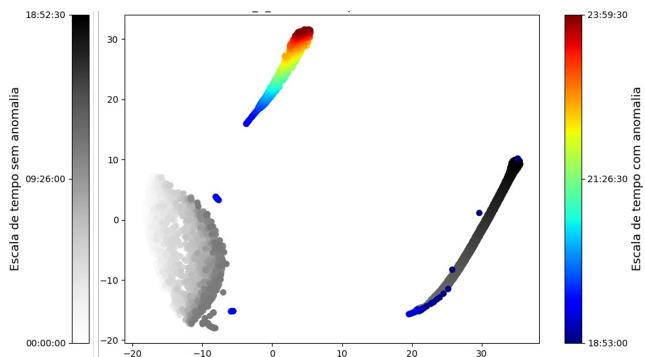


Figura 1: Redução dimensional de um dos casos de teste.

# Detecção e Classificação de Eventos Desconhecidos em Poços utilizando Clusterização em Autoencoders

**Lucas G. Omena Lopes** (lucas.lopes@lccv.ufal.br)

Thales M. A. Vieira, Eduardo T. Lima Jr., William Wagner M. Lira

**Tese de Doutorado**, Engenharia Civil

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: Laboratório de Computação Científica e Visualização (LCCV), UFAL, Financiamento:  
Nenhum

**Palavras-chave:** Anomalias em Poços de Petróleo, Detecção de Novelties, Autoencoder

## Introdução

Anomalias nas operações de poços de petróleo podem causar grandes interrupções operacionais e riscos à segurança. Enquanto a maioria dos métodos de detecção de anomalias identifica eventos conhecidos, a detecção de anomalias desconhecidas continua sendo um desafio. Este trabalho apresenta uma abordagem inovadora para detectar e classificar anomalias previamente desconhecidas em dados de poços de petróleo, utilizando técnicas de clusterização baseadas em autoencoders. A metodologia aproveita representações latentes dos dados dos sensores para agrupar anomalias desconhecidas. A validação demonstrou uma boa precisão na classificação de novos tipos de anomalias.

## Metodologia

A estratégia proposta é composta por cinco componentes: 1) um Autoencoder, projetado para detectar comportamentos anômalos ao analisar o erro de reconstrução dos dados; 2) Classificadores binários para determinar se os novos dados anômalos correspondem a um evento conhecido; 3) Uma combinação de métricas de densidade, modelos de regressão e técnicas de clusterização para estimar novas classes de anomalias; 4) Validação e correção das classes por operadores; e 5) Re-treinamento dos classificadores binários. A validação da clusterização, principal contribuição deste trabalho, é realizada utilizando dados reais e comparada com a literatura.

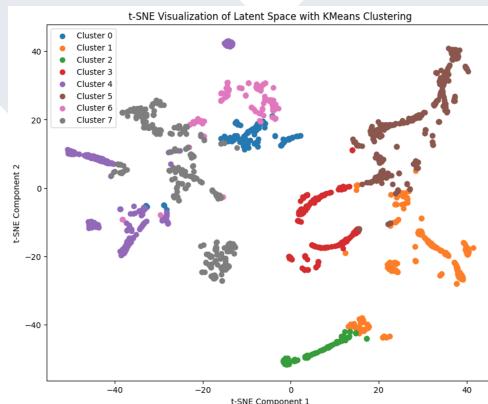


Figura 1: Clusterização K-means das anomalias do conjunto de dados 3W.

## Resultados

A abordagem de clusterização apresentou resultados competitivos, alcançando uma precisão global de 73,29%, com precisão, recall e F1-scores de 63,24%, 71,43% e 67,08%, respectivamente. Embora algumas classes apresentem métricas piores, nossa abordagem não supervisionada oferece a vantagem de descobrir novas anomalias sem a necessidade de conjuntos de dados rotulados. Isso a torna altamente aplicável em ambientes dinâmicos em tempo real.

Class	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
0	0.71	0.70	0.74	0.72
1	0.44	0.62	0.44	0.52
2	0.88	0.62	0.90	0.73
3	0.38	0.46	0.38	0.41
4	0.74	0.71	0.74	0.72
5	0.99	0.62	0.82	0.71
6	0.81	0.59	0.90	0.71
7	0.93	0.67	0.85	0.75
8	0.72	0.68	0.72	0.70
Global	0.73	0.63	0.71	0.67

Figura 2: Metricas de Performace.

# Confiabilidade Estrutural para avaliação da Resistência Residual de Tubos Desgastados

Rafael N. Cunha (rafael.cunha@lccv.ufal.br)

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

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Tubos Desgastados, Modelo de Predição, Probabilidade de Falha

## Introdução

Este trabalho apresenta uma metodologia para o cálculo da pressão de colapso residual de tubulares com desgaste em formato de canaleta única. Este trabalho objetiva desenvolver um modelo de predição para a pressão de colapso de tubulares, calibrado com simulações não lineares via Método dos Elementos Finitos (MEF), em uma abordagem 2-D. O modelo proposto visa fornecer uma análise mais precisa, podendo ser aplicado para análises de poços ou para reavaliação de poços para diferentes aplicações.

## Metodologia

A avaliação da pressão de colapso pode ser realizada através de ensaios experimentais, modelos numéricos ou analíticos. O presente trabalho desenvolveu uma análise paramétrica nos principais parâmetros que influenciam no colapso dos tubulares. Com base nisto, é proposto um modelo analítico de predição, testado com uma base de resultados de 34 ensaios de colapso, obtidos da literatura. Os resultados são comparados com diferentes modelos de predição e com os obtidos via MEF, apresentados na Figura 1. Nota-se que o modelo proposto leva a resultados tão acurados quanto os obtidos via MEF, sendo os mais precisos. Além disso, o

modelo proposto leva menos de 1 segundo para simular toda a base experimental, enquanto que os resultados de MEF levam cerca de 35 minutos.

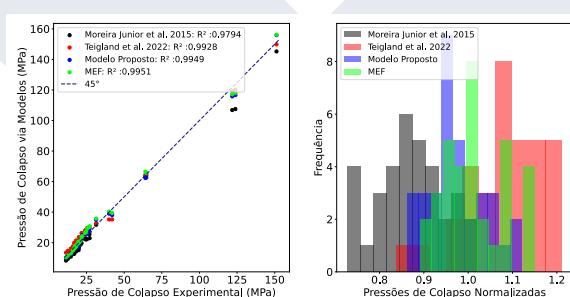


Figura 1: Resultados da Aplicação do Modelo Proposto.

## Resultados

O modelo de predição proposto pode ser aplicado para a avaliação da probabilidade de falha (PF). A avaliação é realizada através do Método de Confiabilidade de Primeira Ordem (FORM) e o método de simulação de Monte-Carlo. Foi avaliada a PF de tubulares, com 3 esbeltezes e com desgaste variável. Para os testes, foi definido o grau aço L-80. Os resultados estão apresentados na Figura 2. O modelo proposto leva a PF menores que o proposto por Moreira Junior et al. (2015), especialmente para menores esbeltezes e níveis de desgaste. Portanto, o resultado através da análise probabilística pode levar a uma redução de custos de projeto. Note que o modelo também pode ser

aplicado para a avaliação do reuso de poços, como aplicações em CCUS.

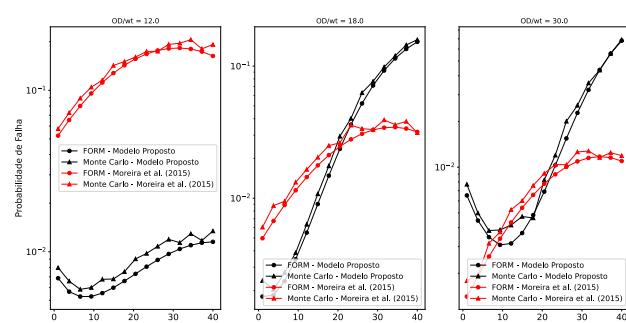


Figura 2: Probabilidade de Falha.

# Avaliação Numérica de Desempenho de Conexões de Revestimentos de Poços

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

João Paulo L. Santos, Lucas P. Gouveia, Eduardo T. Lima Jr.

## Tese de doutorado

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Conexões de revestimentos, Desempenho de Conexões, Método dos elementos finitos

## Introdução

Conexões rosqueadas são elementos cruciais do sistema de estrutura de poço, sendo responsáveis por acoplar os tubos das colunas de revestimento e completação, mantendo sua estabilidade e estanqueidade. Os carregamentos mecânicos e térmicos atuantes podem atingir altos níveis de severidade, especialmente em ambiente *offshore*. A performance dessas conexões pode ser avaliada de forma analítica – bastante limitada, dada a complexidade de sua geometria – e por meio de ensaios experimentais, os quais são custosos e de difícil execução. Nesse contexto, a modelagem numérica surge como uma opção interessante para amparar as duas metodologias anteriores. O Método dos Elementos Finitos (MEF) costuma ser empregado no projeto e qualificação de conexões, sejam as normatizadas pela API 5B (2017), ou de *design* proprietário.

## Metodologia

Este trabalho propõe a construção e análise de modelos bidimensionais axissimétricos pelo MEF para avaliação do desempenho de 3 tipos de conexões – *round*, *butress* e *premium* (vide Figura 1) – sujeitas ao torque por aperto (*make-up torque*) de instalação e à força axial. Utiliza-se o software ABAQUS® combinado com *scripts* implementados em linguagem Python. São consideradas as não linearidades do tipo geométrica, devido à presença de grandes mudanças nos contornos das superfícies das roscas e ao grandes deslocamentos e/ou deformações, e do tipo física, seguindo um modelo elastoplástico

com endurecimento não linear. A interação entre os filetes de rosca é avaliada por um modelo de contato friccional não linear.

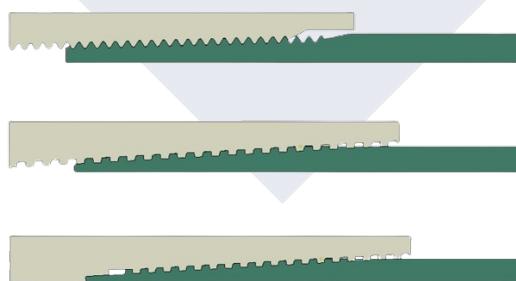


Figura 1: Tipos de conexões modeladas.

## Resultados

Os resultados mostram que as conexões *butress* e *premium* apresentam maiores capacidades resistentes a cargas por tração que a *round*, ultrapassando a resistência ao escoamento do corpo do tubo, sendo neste caso a conexão *butress* a mais resistente (vide Figura 2). Os resultados indicam que as equações da norma API/TR 5C3 (2018) podem superestimar os valores de resistência das conexões quando comparados com os resultados numéricos produzidos.

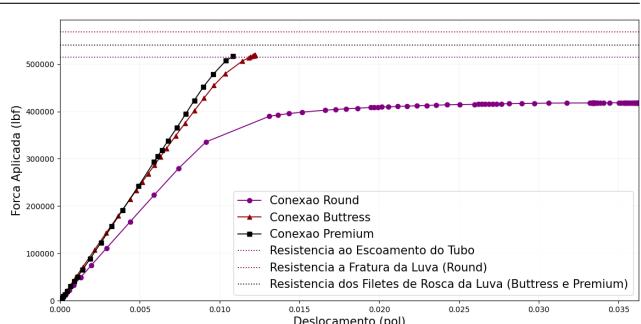


Figura 2: Curvas força vs deslocamento.

# Contribuição no Cálculo da Estimativa de Resistência de Tubulares de Revestimento Danificados

**Bruno C. A. Moura.** (bruno.moura@lccv.ufal.br)

João Paulo L. Santos, Lucas P. Gouveia, Eduardo T. Lima Jr.

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Tubulares de Revestimento, Canaletas de Desgaste, Imperfeições Geométricas

## Introdução

O presente projeto tem o objetivo de estudar o comportamento da resistência à carregamentos de pressão em tubos de revestimento de poços de óleo e gás na presença de imperfeições geométricas e danificados. A estimativa de resistência de tubulares de revestimento já leva em consideração as imperfeições de manufatura dos tubulares, como ovalização, excentricidade e tensão residual. Este trabalho visa contribuir com o cálculo da estimativa de resistência de tubulares de revestimento, considerando adicionalmente canaletas de desgaste.

## Metodologia

O estudo prevê a utilização de simulações numéricas a partir do método dos elementos finitos para estimar a resistência desses tubulares. Para validação do modelo, serão comparados os resultados obtidos nas simulações com resultados apresentados na literatura, tanto de outros modelos como resultados experimentais. Os modelos numéricos elaborados serão tridimensionais (ver Figura 2), dessa forma, é possível avaliar a influência do dano em relação à profundidade de desgaste, o raio de abertura do desgaste e o comprimento do dano na direção longitudinal no tubular.

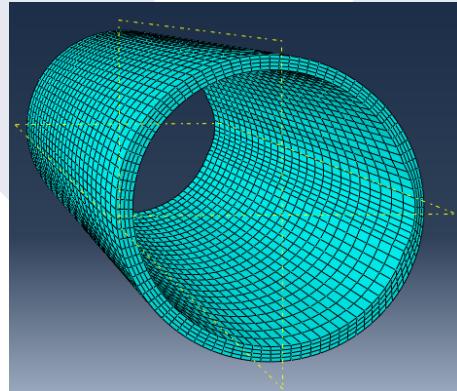


Figura 1: Modelo numérico tridimensional idealizado.  
Fonte: Autor.

## Resultados

O resultado esperado ao final deste trabalho é a elaboração de um modelo válido que estime de forma satisfatória a resistência de tubulares de revestimento. Da mesma forma, será elaborado um novo equacionamento matemático de estimativa de resistência, incluindo um termo que indique a influência de canaletas de desgaste no cálculo. A elaboração da equação será feita a partir de métodos de ajuste de curvas, onde serão determinados os parâmetros que melhor se ajustam ao comportamento da resistência observado nos resultados numéricos obtidos ao longo do andamento do trabalho.

# Análise abrangente de integridade de poços baseada em confiabilidade: aplicação ao cenário de worst case discharge

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

Lucas P. Gouveia, Eduardo T. Lima Jr.

**Tese de doutorado**, Engenharia civil

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: Não definido

**Palavras-chave:** Bainha de cimento, Modelo termo-poroelástico, Modelo probabilístico

## Introdução

No âmbito do projeto de poços, garantir sua integridade estrutural sob condições cada vez mais severas, especialmente em águas profundas e ultraprofundas, tornou-se um fator crítico para a indústria de petróleo e gás. Consequentemente, tem havido investimento na modelagem de cenários ambientais extremos encontrados em poços desafiadores para assegurar sua integridade ao longo de todo o ciclo de vida. Este trabalho propõe uma nova metodologia para a análise probabilística da integridade estrutural durante as fases de construção e operação dos poços, levando em consideração as incertezas associadas às variáveis relacionadas ao comportamento dos tubulares, camada de cimento, formação e cargas aplicadas.

## Metodologia

O objetivo é analisar a integridade do poço por meio de eventos de falha das barreiras de segurança em um cenário de blowout severo conhecido como *worst case discharge* (WCD), utilizando a teoria de confiabilidade estrutural. O cálculo da probabilidade de falha será realizado pelo Método de Confiabilidade de Primeira Ordem (FORM). Entende-se que a metodologia proposta pode ser aplicada nas etapas de projeto e monitoramento de poços, contribuindo para o processo de tomada de decisão. Os níveis de confiabilidade do revestimento de produção de 10,75 polegadas e da bainha de cimento são avaliados a uma profundidade de 4038 m, onde é observado o maior valor de pressão aplicada.

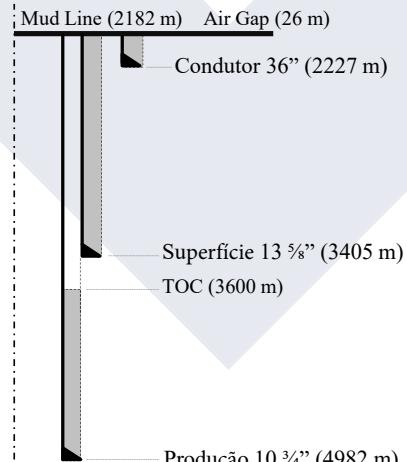


Figura 1: Esquemático do poço.

## Resultados

Os resultados para o fator de segurança (FS), a probabilidade de falha ( $P_f$ ) e o índice de confiabilidade ( $\beta$ ) são apresentados na Figura 2. Nota-se que o revestimento possui uma probabilidade muito baixa de falha por colapso, com um fator de segurança correspondente de 1,55. No entanto, nesta seção, a bainha de cimento apresenta um fator de segurança próximo a 1,0, o que sugere que pode estar próxima da falha. A  $P_f$  é em torno de 0,0026%, o que indica que,

de acordo com a abordagem probabilística, a o cimento parece operar em um regime aceitável.

Elemento	FS	$P_f$	$\beta$
Revestimento	1.55	$10^{-10.8223}$	6.6460
Cimento	1.01	$10^{-4.5788}$	4.0431

Figura 2: Resultados do fator de segurança, probabilidade de falha e índice de confiabilidade.

# Atualização do Manual do Sistema SCORE: Expansão e Revisão de Conteúdo

**Pedro Augusto V. B. F. Andrade** (pedro.andrade@lccv.br)

Thiago B. Silva, João Paulo N. Araújo, Lucas P. Gouveia

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Manual técnico, Documentação, Versionamento

## Introdução

O SCORE (Simulador de Confiabilidade de Revestimentos) é um sistema de apoio ao projeto de revestimentos de poços, que permite o dimensionamento dos tubulares de acordo com os padrões internos da PETROBRAS. Com a evolução das funcionalidades do sistema, o manual do SCORE precisava ser atualizado para incorporar essas inovações. Assim, este trabalho tem como objetivo principal a revisão e ampliação do manual, que se encontrava na versão 3.0.0, para garantir que todas as novas telas, parâmetros e funcionalidades do software sejam contemplados. Essa iniciativa visa melhorar a usabilidade do sistema, incorporar novos tópicos, além de fornecer orientações claras e atualizadas para os usuários.

## Metodologia

A atualização do manual seguiu um processo estruturado. Inicialmente, foi feito um mapeamento detalhado das novas funcionalidades introduzidas na versão, comparando-as com as descrições presentes na anterior. Um documento de controle foi criado para registrar cada modificação necessária, destacando os itens que exigiam revisão, inclusão de novas telas e a adição de tópicos. Para a implementação das mudanças, utilizou-se o Sphinx, uma biblioteca de formatação em Python, em conjunto com o repositório do projeto no GitHub. O código foi editado e testado no VS Code, utilizando o Sphinx para gerar os arquivos HTML correspondentes às novas versões do manual.

The screenshot shows the SCORE system's user interface. At the top, there's a search bar labeled 'Pesquisar documentos'. Below it is a navigation menu with the title 'O SISTEMA SCORE'. Under this, there's a section titled '1. O SCORE passo-a-passo' which lists various sub-titles like '1.1. Menu Superior', '1.2. Tela Dados Gerais', etc. To the right of this menu, there's a large preview window showing a hierarchical tree structure of project files and data sets. The interface is clean and modern, using a dark theme for the sidebar and light colors for the main content area.

Figura 1: Versão 3.0.0 do Manual.

## Resultados

Até o momento, foram realizadas trinta e seis atualizações na seção *SCORE Passo a Passo* e cinco na seção *Cardápios de Materiais*, que incluíram desde alterações simples de texto até a criação de novos tópicos, como a integração da Análise WCA e das Condições Iniciais. Ao mesmo tempo, GIFs foram gerados para proporcionar *overviews*, buscando tornar mais intuitiva a navegação e compreensão do usuário. Nesse sentido, a interface com as lideranças técnicas permitiu que a atualização do manual venha refletindo as funcionalidades mais recentes do sistema, contribuindo para a conformidade das informações técnicas.

# Sest-Solos - Um ambiente WEB para Avaliação do Solo Marinho em Projetos de Início de Poço

**Christiano Augusto F. Váraday Filho** (christiano\_varady@lccv.ufal.br)

Joyce Kelly F. Tenório, Tácio Valmir D. Almeida, João Victor G. Fernandes, Emanuel M. Silva, Aline S. R. Barboza, Eduardo T. Lima Jr., Lucas P. Gouveia, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Caracterização, Geomecânica, Início de Poço

## Introdução

O Sest-Solos é uma solução WEB integrada à suíte de aplicativos Poçoweb capaz de gerenciar dados de ensaios geomecânicos em formato interessante para o projetista de fundação de poço. O ambiente possui funcionalidades para leitura e filtragem de dados importados do banco de Dados da operadora e aplicações para estimativa e caracterização de parâmetros geomecânicos (e.g. resistência ao cisalhamento), análise de relatórios de jateamento e predição de cravação de Base Torpedo. As funcionalidades seguem os padrões internos da operadora e regulamentos internacionais.



Figura 1: Esquemática do solo marinho.

## Metodologia

A solução apresenta variadas formulações: filtragens de dados baseadas em técnicas estatísticas, cálculo de perfis virtuais utilizando técnicas geoestatísticas como krigagem, caracterização de resistência ao cisalhamento não drenado usando as normativas DNV, NORSOX e a diretriz interna da operadora. Em outro aspecto, a retroanálise de jateamentos é realizada comparando-se os perfis de solo da região com as curvas de vazão e peso sob broca recomendados. A estimativa de cravação segue um procedimento numérico que considera as taxes de deformação do solo, bem como outras variáveis importantes no fenômeno.

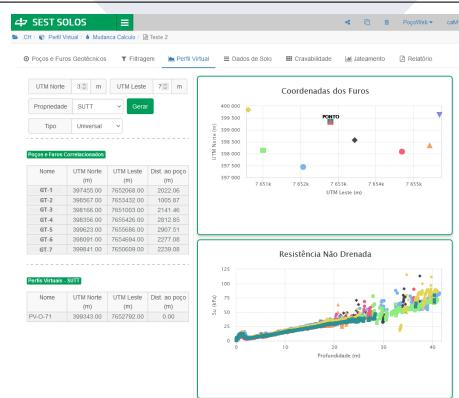


Figura 2: Geração de perfil virtual.

## Resultados

A solução Sest-Solos já está implementada e em uso pela operadora. Suas funcionalidades são atualizadas de acordo com a necessidade dos usuários. Atualmente, há investigações relacionadas com a calibração das taxas de deformação do solo, a influência da temperatura na resistência ao cisalhamento não-drenado, caracterizações do solo usando abordagens estatísticas frequentistas e bayesianas e classificação das camadas de solo marinho.

# Calibração das Taxas Empíricas de Deformação para Determinação da Profundidade de Cravação de Base Torpedo

**Tácio Valmir D. Almeida** (tacio.almeida@ctec.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, João Paulo L. Santos

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

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Calibração, Base Torpedo, Cravabilidade

## Introdução

A instalação de uma base de torpedo em solo marítimo ocorre tanto por movimento de queda livre quanto por movimento com velocidade controlada. A profundidade de cravação pode ser determinada por métodos numéricos baseados nas características do solo e da estaca, como proposto por True (1975). Para uma análise adequada de cravabilidade, é importante abordar o comportamento da resistência ao cisalhamento não drenado em qualquer tipo de solo. Além disso, as taxas empíricas de deformação devem ser calibradas, considerando os dados reais de instalação da base de torpedo fornecidos pelo operador. Em seguida, os parâmetros calculados são avaliados utilizando o procedimento de cálculo proposto por True.

## Metodologia

O processo de calibração utiliza uma abordagem estatística para avaliar os erros associados aos valores de taxa de deformação. Os erros são obtidos a partir da comparação entre a profundidade de cravação calculada e a profundidade de cravação real, para cada caso. Assim, ao definir um limite de tolerância, é possível filtrar os casos admissíveis e obter o par de valores mínimos e máximo para as taxas empíricas de deformação.

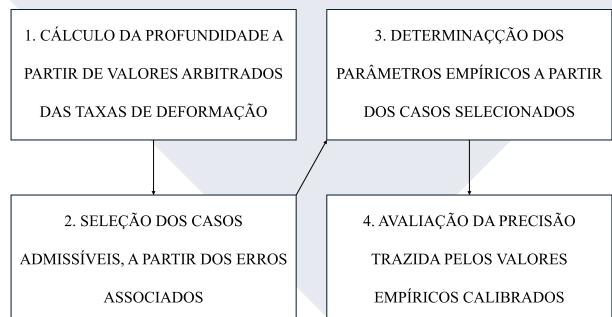


Figura 1: Fluxograma da metodologia.

## Resultados

Este trabalho tem como objetivo obter valores empíricos de taxas de deformação e amolecimento que possam ser aplicados ao maior número de casos, dentro de um erro associado tolerável, considerando tanto a geometria da base do torpedo quanto o tipo de movimento da instalação (Figure 2). Os valores extremos admissíveis de  $ce$  obtidos são (4.5, 11.0), enquanto os valores obtidos para  $se$  são (2.5, 2.7).

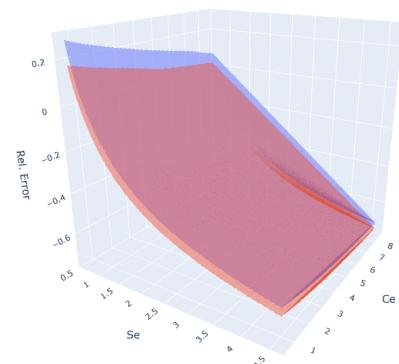


Figura 2: Variação dos erros.

# Modelagem Computacional de Penetração de Base Torpedo Utilizando Ensaio de Piezocone

Tácio Valmir D. Almeida (tacio.almeida@ctec.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, João Paulo L. Santos

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

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Cravabilidade, Base Torpedo, CPTu

## Introdução

A instalação de base torpedo em solo marítimo pode ocorrer a partir de um movimento de queda livre, quando o projétil acelera livremente, ou por movimento de velocidade controlada, quando o projétil permanece ligado ao equipamento durante o processo de cravação e desacelera com o aumento das forças de atrito. A profundidade final pode ser determinada por métodos numéricos que têm como base as características do solo e da base torpedo. Ainda, para uma análise adequada, é fundamental discretizar o comportamento da resistência ao cisalhamento não drenado, no solo em questão, o que pode ser obtido a partir de Ensaios de Piezocone (CPTu).

## Metodologia

O estudo desenvolve uma metodologia de cálculo da profundidade baseando-se no trabalho de True (1973) e (1975), a partir da determinação de novas condições de instalação de base torpedo, além da melhoria do método numérico em relação ao usado por True. As adições da cravação com velocidade controlada e da caracterização de solos com múltiplas camadas torna-se possível a partir do desenvolvimento feito no cálculo das forças atuantes na estaca e da variação da velocidade (Figure 1). Ainda, a implementação do Método de Runge-Kutta permite uma maior precisão à solução numérica empregada nas equações diferenciais do problema.

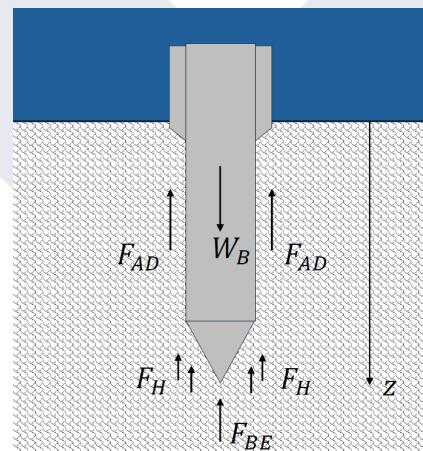


Figura 1: Esquema das forças atuantes.

## Resultados

A partir da análise dos resultados obtidos a partir das implementações trazidas pelo estudo, é possível identificar as influências destas dentro do processo de cravação. Assim, diversas conclusões podem ser encontradas, as quais têm grande valor para o processo de instalação de base torpedo.

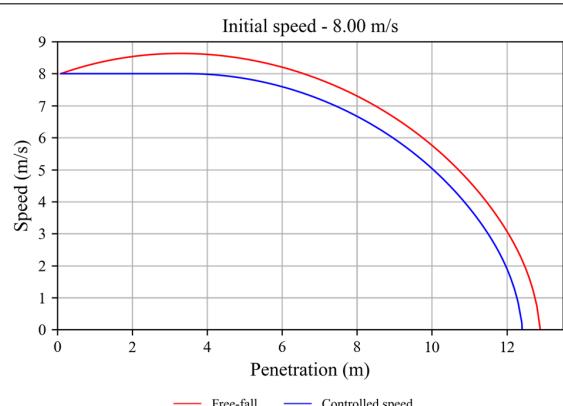


Figura 2: Comparação entre perfis de penetração no solo.

# Comparação de Metodologias de Classificação de Solos

**João Victor G. Fernandes** (joao.fernandes@ctec.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, João Paulo L. Santos

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

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** CPTu, Classificação de Solos, Índices de Comportamento do Solo

## Introdução

O uso de ensaios de penetração com piezocone (CPTu) é uma prática amplamente empregada na engenharia geotécnica para avaliar o comportamento geomecânico e classificar o solo. O índice de penetração do cone fornece um método eficiente para prever o comportamento do solo. Este estudo aplica abordagens baseadas em CPTu para prever a classificação do solo, visando aumentar a precisão e a eficiência no processo de caracterização geotécnica.

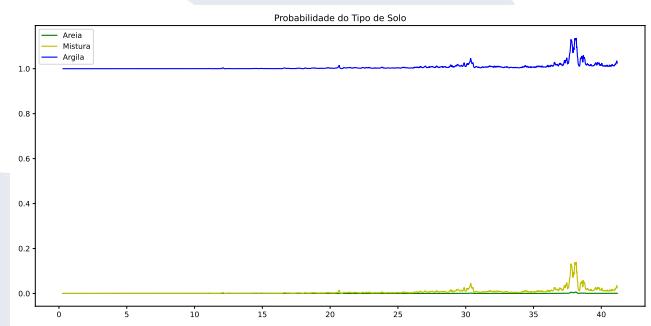


Figura 1: Classificação difusa. Fonte: Autores.

## Metodologia

Os dados reais de CPTu foram classificados de acordo com a técnica de Robertson (2018) e Abu-Farsakh (2008). Esse segundo método usa uma abordagem probabilística de classificação do solo, utilizando a lógica difusa para lidar com a incerteza inerente aos dados geotécnicos. A lógica difusa é aplicada para considerar a variabilidade dos parâmetros obtidos do CPTu. Esses parâmetros são usados para construir conjuntos que permitem uma análise mais flexível das condições do solo. Assim, é possível classificar o solo destacando transições graduais entre diferentes tipos de solo, ao invés de uma

classificação rígida e determinística.

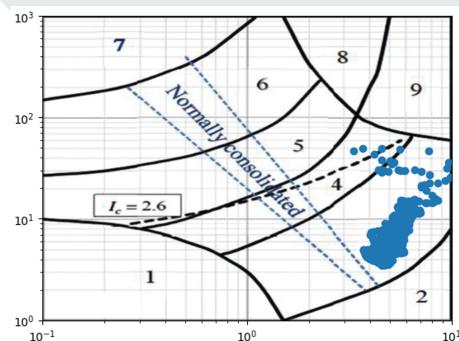


Figura 2: Furo geotécnico classificado com as zonas de Robertson. Fonte: Autores, adaptado de Robertson (2018).

## Resultados

A análise dos dados do ensaio CPTu revelou uma boa correspondência com as zonas de classificação de Robertson, validando a eficácia do índice proposto na classificação de solos marinhos. Simulações numéricas confirmaram a capacidade do índice de prever o comportamento do solo sob diversas condições geotécnicas. Além disso, a aplicação da lógica difusa possibilitou uma representação mais precisa da variabilidade dos parâmetros do CPTu, resultando em uma classificação que captura transições graduais entre tipos de solo, ao invés de uma abordagem rígida.

# Análise Mecânica de uma Estaca Única Usando o Método da Curva p-y

**João Victor G. Fernandes** (joao.fernandes@ctec.ufal.br)

Christian Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, Matheus Vinícius S. Santos, João Paulo L. Santos

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

Duração: 12 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Curva p-y, Deformação, Deslocamento lateral

## Introdução

A análise do comportamento de estacas em solo marinho é fundamental para a viabilidade de poços de petróleo, dada a complexidade das condições geotécnicas e a variabilidade das camadas em ambientes marinhos. O método da curva p-y é amplamente utilizado para modelar essas interações ao longo da profundidade da estaca, permitindo a estimativa de forças internas e das deformações resultantes. Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento de uma estaca carregada lateralmente em solo estratificado, utilizando o método p-y para determinar as forças internas e deformações, considerando a variação nas propriedades das camadas de solo ao longo da profundidade.

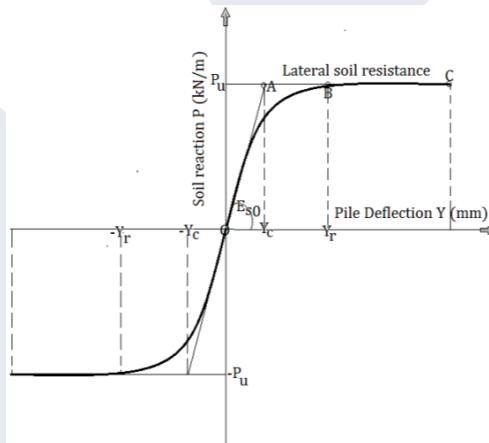


Figura 1: Modelo de Curva p-y. Fonte: Ali Bouafia (2023).

## Metodologia

O método p-y foi aplicado para modelar a interação solo-estaca, com curvas p-y obtidas para cada camada de solo com base em suas propriedades específicas, obtidas do ensaio CPTu, como resistência e rigidez. A estaca foi modelada como um elemento flexível submetido a carregamento lateral, e as respostas foram analisadas em termos de forças internas e deslocamentos ao longo da profundidade. O estudo incluiu o uso de um processo iterativo, e sua fundamentação baseou-se na equação elástica.

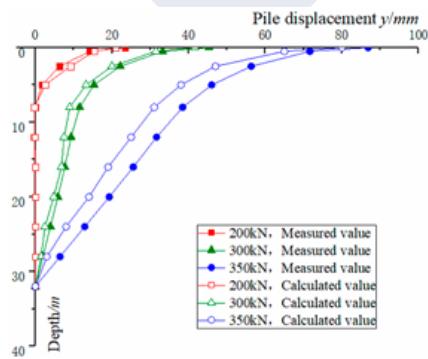


Figura 2: Deslocamentos ao longo da profundidade. Fonte: Wang (2023).

## Resultados

Os resultados mostram que as propriedades das camadas de solo influenciam significativamente os deslocamentos da estaca. O maior deslocamento ocorre na cabeça da estaca, que é significativamente reduzido devido ao ganho de rigidez ao longo da profundidade, alterando a distribuição das forças internas e afetando o dimensionamento adequado das estacas.

# Análise Frequentista da Incerteza do Solo para o Projeto de Início de Poço

**Emanuel M. Silva** (emanuel.silva@ctec.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos

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

Duração: 3 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Variabilidade, Frequentista, Incertezas

## Introdução

Com a crescente complexidade dos dados do solo, a análise de variabilidade torna-se essencial. As incertezas nos parâmetros medidos em testes de CPTu afetam diretamente a confiabilidade dos projetos *offshore*. A análise frequentista oferece uma abordagem objetiva para avaliar essas incertezas, testando hipóteses e verificando o ajuste dos dados a diferentes distribuições. O presente trabalho identifica e modela as incertezas nos parâmetros geotécnicos, focando na melhor representação da variabilidade e seus impactos no comportamento estrutural, além de identificar a distribuição que melhor se ajusta aos resíduos.

## Metodologia

Este estudo aplica uma abordagem frequentista para analisar as flutuações nos dados de testes de CPTu. A variabilidade é expressa como desvios em relação aos valores médios, facilitando a identificação de características estatísticas para modelar parâmetros geotécnicos. Após remover a tendência dos dados, os resíduos são examinados para avaliar a variabilidade, utilizando padrões estatísticos para representar incertezas e ruídos. O teste de Bartlett modificado avalia a homogeneidade da variância entre as camadas de dados, confirmando a estacionariedade dos resíduos e validando as suposições para a análise. O fator

de viés também é quantificado para verificar a consistência dos dados. Esses métodos garantem uma avaliação rigorosa da variabilidade e da qualidade dos dados.



Figura 1: Fluxograma do processo.

## Resultados

O teste de Bartlett modificado resultou em um critério de 75,90, superando o limite crítico, indicando diferenças significativas de variância e não-estacionaridade em algumas camadas de dados. Esse padrão de variância, provavelmente devido a flutuações nas condições do solo ou incertezas de medição, é importante para ajustar modelos geotécnicos. Além disso, o fator de viés foi calculado como 1, confirmando a consistência dos dados em relação às propriedades medidas.

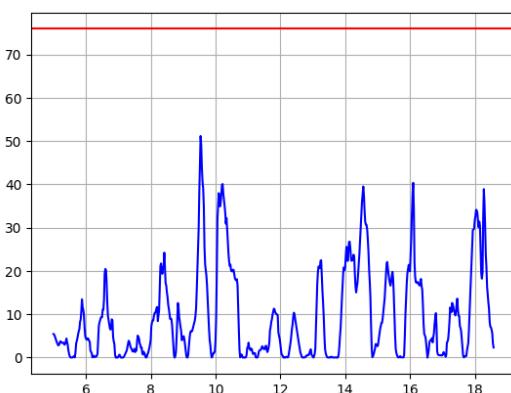


Figura 2: Distribuições de variabilidade.

# Caracterização Bayesiana Aplicada no Solo em Projetos de inicio de Poço

**Emanuel M. Silva** (emanuel.silva@ctec.ufal.br)

Christiano Augusto F. Várady Filho, Joyce Kelly F. Tenório, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos

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

Duração: 1 ano (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Caracterização do solo, Resistência ao cisalhamento, Início de poço

## Introdução

Este estudo propõe a aplicação de abordagens bayesianas para a caracterização geotécnica de solos marinhos, com ênfase no projeto de condutores e superfícies em poços *offshore*. Os métodos são aplicados a dados de CPTu obtidos em campos brasileiros, comparando a eficácia de modelos de regressão com as técnicas tradicionais da indústria de petróleo e gás. O objetivo é estimar a tendência da resistência ao cisalhamento dos solos, um parâmetro essencial para o projeto de fundações e revestimentos.

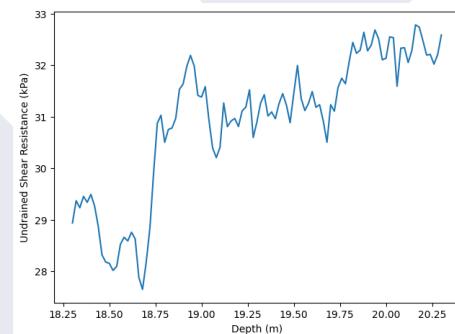


Figura 1: Resistência ao cisalhamento não drenada da camada de solo identificada.

## Metodologia

Este estudo apresentou uma análise do uso de dois modelos de aprendizado de máquina, Lasso Geotécnico com Funções de Base (Glasso-BF) e Regressão por Processo Gaussiano (GPR), para a caracterização geotécnica utilizando dados de CPTu. Ambos os modelos adotaram uma abordagem bayesiana, incorporando conhecimento prévio para lidar com a variabilidade e incertezas nos dados geotécnicos. O Glasso-BF usou polinômios de Legendre para modelar a tendência espacial, enquanto o GPR modelou relações não lineares com um processo gaussiano e função de

*kernel*. Ambos estimaram eficazmente parâmetros como a resistência ao cisalhamento não drenado.

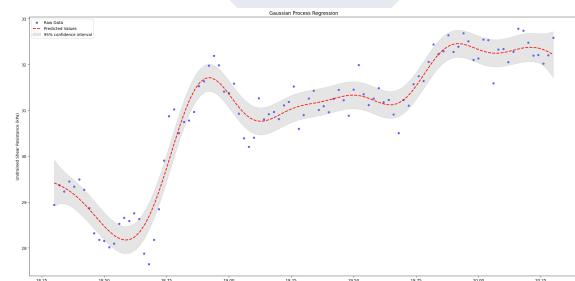


Figura 2: Regressão por Processo Gaussiano.

## Resultados

Entre os modelos avaliados, o GPR apresentou os menores valores de MAE e RMSE, demonstrando sua superioridade na estimativa de parâmetros geotécnicos. Embora métodos como Glasso-BF e regressão linear também integrem informações prévias, o GPR oferece maior flexibilidade na modelagem de dados geotécnicos complexos. A abordagem bayesiana utilizada em todos os modelos quantifica a incerteza nas estimativas, aumentando a precisão dos resultados.

# Avaliação probabilística de projetos de início de poço

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

Christiano Augusto F. Várady Filho, Eduardo T. Lima Jr., João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade, FE-FORM, Incertezas

## Introdução

O sistema de revestimentos desempenha um papel crucial na garantia da integridade de poços de petróleo e gás ao longo do seu ciclo de vida, proporcionando estanquidade, estabilidade e resistência a cargas externas. Este trabalho aplica modelos baseados em confiabilidade ao projeto de início de poço, levando em conta as incertezas associadas ao comportamento do solo e ao processo de fabricação dos tubos de revestimento. Nesse estudo, são abordados cenários de carregamento típicos para estimar a probabilidade de falha ( $P_f$ ) para diferentes modos de falha do sistema solo-revestimento.

## Metodologia

As técnicas baseadas em confiabilidade destacam-se como soluções relevantes para a análise de projeto de estruturas. Este trabalho avalia dados de caracterização do solo provenientes de ensaios de piezocone (CPTu) para descrever estatisticamente alguns parâmetros mecânicos utilizados no projeto de revestimentos condutores e de superfície. São também consideradas variáveis aleatórias associadas às propriedades materiais e geométricas dos tubulares, com base em dados de fabricação (API/TR 5C3 (2018)). Os modelos probabilísticos são desenvolvidos utilizando o *First Order Reliability Method* (FORM), um procedimento preciso baseado em otimização, aplicado a vários cenários de carregamento para estimar a  $P_f$  no contexto do projeto de início de poço. A modelagem por Elementos Finitos (EF) é utilizada para a análise da integridade do sistema

solo-revestimento. As variáveis aleatórias levadas em consideração são a resistência ao cisalhamento não drenada, o diâmetro externo e a espessura da parede dos tubos de revestimento, resultantes da variabilidade do processo de fabricação. A Figura 1 é uma representação da abordagem proposta.

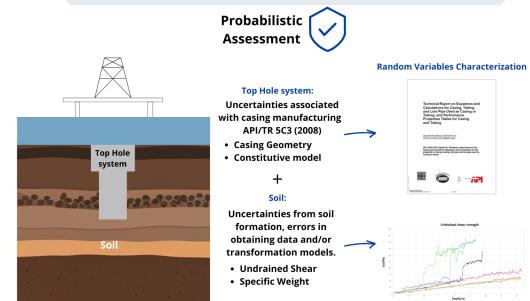


Figura 1: Representação da metodologia de avaliação proposta.

## Resultados

Os resultados obtidos indicam a viabilidade da análise FE-FORM proposta para estimar a  $P_f$  para modos de falha relevantes, definidos de acordo com definições internas da empresa em relação à capacidade de carga do condutor e ao FS triaxial do trecho livre do revestimento de superfície. Na Figura 2a tem-se a capacidade de carga em relação ao tempo para um caso jateado, a

Figura 2b apresenta os valores de  $P_f$  encontrados.

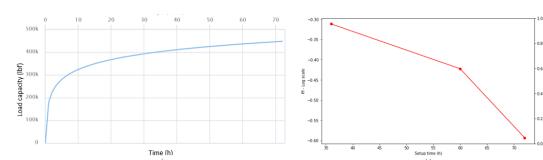


Figura 2: a) Capacidade de Carga com o tempo; b) Valor da  $P_f$  versus tempo de setup.

# SIMCON: Dimensionamento da Fundação de Poço em Operações Submarinas

**Beatriz R. Barboza** (beatriz@lccv.ufal.br)

Davi L. Ramos, Joab Manoel A. Santos, Aline S. R. Barboza, Eduardo T. Lima Jr., Lucas P. Gouveia, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Projeto de poço, Análise Estrutural, Fundação do poço

## Introdução

O SIMCON é uma aplicação integrada ao portal PoçoWEB, desenvolvida para auxiliar o projetista no dimensionamento da fundação da cabeça de poço em operações submarinas. A ferramenta permite a definição do tipo de início de poço, especificando o método de instalação do condutor, seu diâmetro e comprimento. Utilizando dados provenientes de análises geotécnicas, o SIMCON realiza cálculos que consideram os carregamentos e resistências axiais que o poço enfrentará ao longo de sua vida útil. A aplicação também incorpora informações de projeto de revestimento, cabeça de poço e pesos de equipamentos submarinos, garantindo uma análise robusta e confiável.

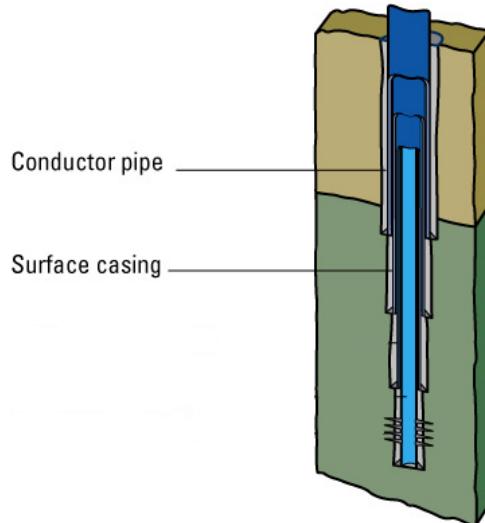


Figura 1: Revestimentos parte da fundação do poço.

## Metodologia

A metodologia do SIMCON é baseada no modelo de Winkler modificado para a modelagem da fundação da cabeça de poço. A parte estrutural utiliza um modelo de elementos finitos de viga, com molas não-lineares nos nós para representar as reações do solo. Em trechos não cimentados, o comportamento é modelado considerando os efeitos da flambagem helicoidal (Lubinski, 1962). O SIMCON permite a realização de análises de Worst Case, análises de sensibilidade relacionadas à extensão do topo de cimento do revestimento, definição do comprimento ideal do

condutor e avaliação do impacto do desgaste dos revestimentos.

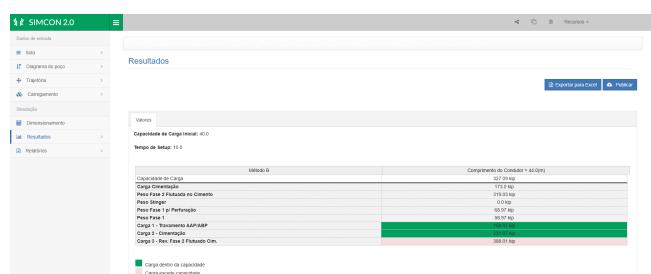


Figura 2: Aba de Resultados para Condutores Jateados.

## Resultados

O SIMCON, já em uso pela operadora, continua passando por atualizações frequentes, estando previstos aprimoramentos nos modelos de flambagem, ajustes nos critérios de segurança, e melhorias no núcleo computacional para otimizar a análise de fundação.

# Modelagem Numérica da Cravação do Revestimento Condutor por martelamento

Jennifer Mikaela F. Melo ([jennifer.ferreira@lccv.ufal.br](mailto:jennifer.ferreira@lccv.ufal.br))

Mávyla Sandreya C. Tenório, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos, Eduardo T. Lima Jr.

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Revestimento condutor, Cravação por martelamento, Método dos Pontos Materiais

## Introdução

O início da perfuração de um poço de petróleo envolve a instalação do revestimento condutor no solo. Em águas profundas, o condutor pode ser assentado por técnicas como jateamento ou cravação por martelamento hidráulico. A cravação ocorre em três etapas: peso próprio, sucção e martelamento, e esse processo perturba as propriedades do solo, afetando diretamente sua capacidade de carga. O objetivo deste projeto é desenvolver um modelo computacional para simular a cravação do condutor e analisar o impacto desse processo no comportamento do solo.

## Metodologia

As simulações numéricas são realizadas no software open source Anura3D, baseado no Método dos Pontos Materiais (MPM). O MPM é utilizado devido à sua capacidade de lidar com grandes deformações, evitando os problemas de distorção de malha e perda de convergência comuns em métodos numéricos tradicionais. O modelo é axissimétrico 2D, utilizando uma malha triangular não estruturada. O contato entre o solo e o revestimento é simulado por meio de um algoritmo de contato adesivo. A malha móvel mantém os elementos ao redor do condutor, que é modelado como um corpo rígido e maciço (Figura 2).

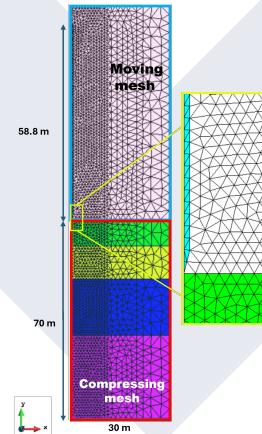


Figura 1: Geometria utilizada na modelagem da cravação.

## Resultados

A Figura 2 apresenta a curva de profundidade ao longo do tempo. À medida que a resistência do solo aumenta com a profundidade, a curva tende a estabilizar, o que ocorre por volta dos 9,5 metros na fase de peso próprio, ao atingir a segunda camada de solo. Para continuar a cravação, foram aplicados impactos sobre o condutor, alcançando uma profundidade de aproximadamente 15 metros. Nas próximas etapas, o modelo será validado com os relatórios fornecidos pela operadora.

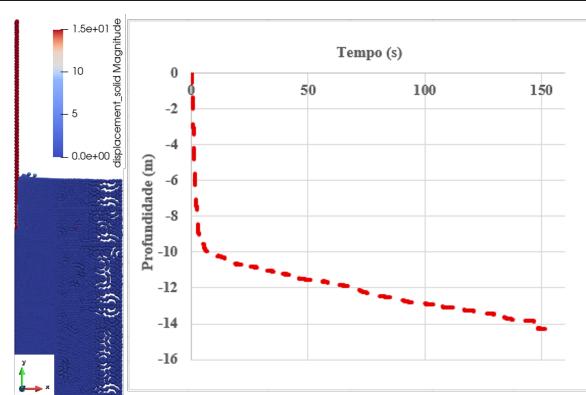


Figura 2: Profundidade atingida ao longo do tempo.

# Automação da Simulação Numérica da Cravação de Revestimento Condutor por Martelamento

Nuno H. A. Pires (nuno.pires@ctec.ufal.br)

Mávyla Sandreya C. Tenório, Jennifer Mikaella F. Melo, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

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

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Automação, Simulação Numérica, Martelamento de Revestimento Condutor

## Introdução

As simulações numéricas enfrentam desafios significativos em todas as etapas, desde o pré-processamento até o pós-processamento. Muitas vezes, ajustes manuais nos arquivos de saída são necessários, o que aumenta consideravelmente o tempo para a obtenção dos resultados. Este trabalho foca na modelagem da cravação do revestimento condutor por martelamento, utilizando o software open source Anura3D, que adota o Método dos Pontos Materiais (MPM). Atualmente, apenas o primeiro impacto pode ser configurado via interface gráfica, com os subsequentes definidos manualmente, o que inviabiliza simulações com um grande número de impactos, como os 3.424 registrados nesse processo. O objetivo deste projeto é automatizar essa configuração, otimizando o tempo de simulação, minimizando erros manuais e aprimorando a precisão e a eficiência do modelo numérico.

## Metodologia

A metodologia deste projeto envolve a automação da simulação de cravação de estacas por impacto, utilizando Python e a biblioteca PyAutoGUI para interações automatizadas com a interface gráfica. O processo consiste em organizar as etapas da simulação em um fluxo contínuo e eficiente. A automação é estruturada em funções que permitem a navegação e manipulação de menus específicos do software, a seleção e abertura de arquivos, e a execução dos cálculos necessários. Loops de automação garantem a realização sequencial de múltiplos impactos, com monitoramento do tempo de execução e coleta de dados de saída. A Figura 2 mostra o fluxo de

trabalho para desenvolver esta metodologia.

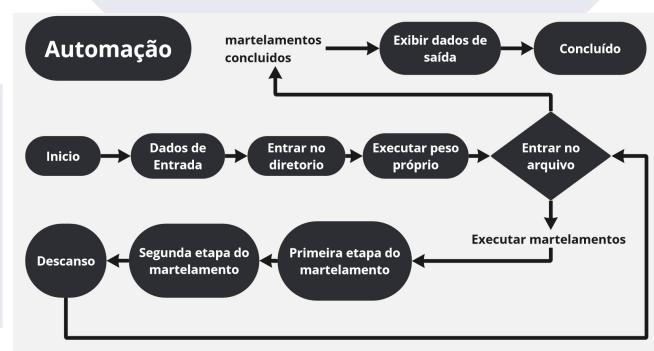


Figura 1: Fluxograma da automação.

## Resultados

A automação proposta para a simulação da cravação do revestimento condutor por impacto resultou em um fluxo de trabalho mais eficiente, reduzindo significativamente o tempo e o esforço necessários para executar múltiplos martelamentos. As simulações realizadas proporcionam uma análise detalhada das condições de cravação, contribuindo para um maior entendimento das interações complexas entre os elementos do processo. Além de otimizar o tempo de simulação, o projeto gera dados cruciais para a avaliação e mitigação de riscos relacionados à cravação de estacas em ambientes offshore.

# Modelagem Numérica da Instalação do Revestimento Condutor por Jateamento em Ambiente Marinhos

**Jamerson B. Omena** (jamerson.omena@ctec.ufal.br)

Mávyla Sandreya C. Tenório, Jennifer Mikaella F. Melo, Beatriz R. Barboza, João Paulo L. Santos

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

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escavação por jateamento, Dinâmica de fluidos computacional, Solo argiloso

## Introdução

Este projeto tem como objetivo modelar numericamente o assentamento do revestimento condutor por jateamento utilizando um modelo bifásico, analisando os estados de tensão causados pela operação em sedimentos argilosos no fundo do mar. A abordagem adotada emprega um modelo Euleriano-Euleriano, onde o solo é tratado como um fluido não-newtoniano. Por meio da dinâmica de fluidos computacional (CFD), o estudo busca compreender as deformações de grande escala no solo, visando aprimorar a eficiência das operações de exploração offshore.

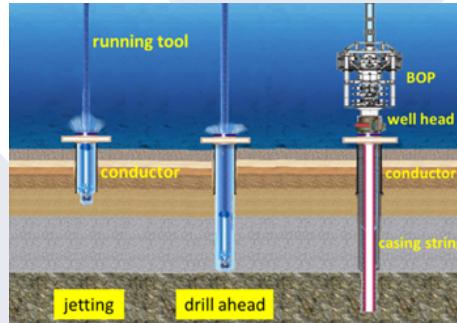


Figura 1: Instalação do condutor por jateamento. Fonte: ZHOU B. et al. (2016).

## Metodologia

A simulação do modelo bifásico foi realizada utilizando o software Ansys Fluent, que emprega o Método dos Volumes Finitos (FVM). Este método é eficaz para discretizar e resolver equações de escoamento ao dividir o domínio em pequenos volumes finitos, permitindo a aplicação local das equações de conservação. O solo foi representado pelo modelo viscoplástico de Herschel-Bulkley, ideal para descrever o comportamento de solos argilosos coesivos e não-drenados.

## Resultados

As simulações revelaram a evolução da cavidade durante o processo de escavação, evidenciando uma relação proporcional entre a velocidade do jato e a profundidade da escavação. A Figura 2 apresenta os perfis das cavidades geradas em diferentes velocidades de jato. Observou-se também que o comportamento reológico do solo, como a redução do índice de consistência, levou à formação de cavidades mais profundas e largas. Esses resultados indicam que as propriedades do solo desempenham um papel fundamental no planejamento eficiente da escavação. Como etapas futuras pode-se citar a elaboração de um modelo 3D e a validação do modelo constitutivo do solo

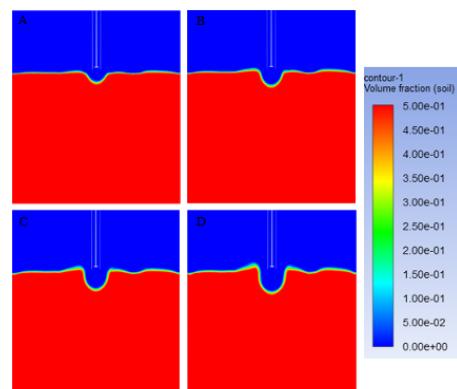


Figura 2: Resultados da aplicação.

# Modelagem e Análise da Interação Solo-Estrutura na Fundação de Poços de Petróleo com Métodos de Elementos Finitos

**Joab Manoel A. Santos** (joab.santos@lccv.ufal.br)  
 João Paulo L. Santos, Beatriz R. Barboza, Davi L. Ramos

**Dissertação de mestrado**, Engenharia civil  
 Duração: 24 meses (Em andamento)  
 Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Revestimento, Interação solo-estrutura, Método dos elementos finitos

## Introdução

A fundação de um poço é formada pelos revestimentos condutor e de superfície, ambos projetados para, juntos, suportarem os carregamentos durante a construção e a produção/injeção nos poços. (ver Figura 1). Atualmente, a principal dificuldade está em desenvolver modelos precisos e confiáveis que possam prever com precisão o comportamento dos revestimentos sob diversas condições operacionais e geológicas. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma modelagem dos revestimentos que compõem a fundação de um poço de petróleo e a interação solo-estrutura, utilizando análises numéricas por meio do método dos elementos finitos.

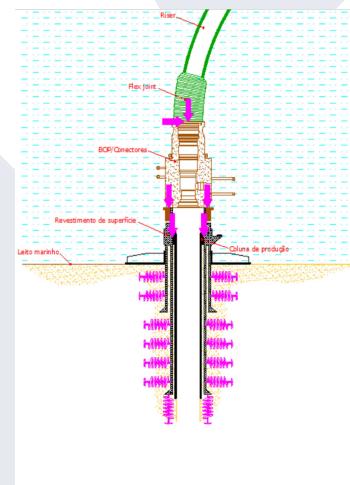


Figura 1: Esquema da fundação da cabeça de poço.

## Metodologia

A metodologia deste estudo consiste em representar o trecho de tubo cimentado ao solo através de um modelo de elementos finitos de viga para a parte estrutural, combinado com o modelo de Winkler modificado, que utiliza molas não lineares ligadas aos nós do sistema estrutural para representar a reação do solo. Para a subestrutura do tubo não cimentado ao solo, foi proposto um modelo de elementos finitos de viga, cujo comportamento é suscetível aos efeitos da flambagem helicoidal. (ver Figura 2) Além disso, o estudo visa proporcionar uma compreensão da interação entre o solo-estrutura, especialmente a

resposta das molas não lineares do modelo de Winkler modificado.

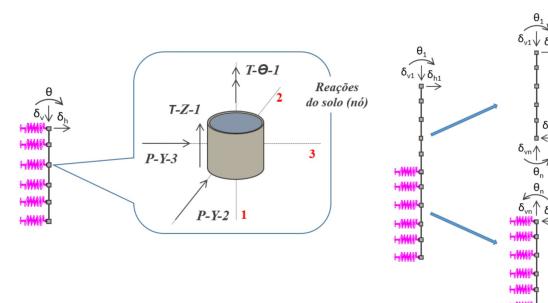


Figura 2: Esquema da subestrutura do tubo.

## Resultados

As principais contribuições deste estudo estão relacionadas à validação e aprimoramento de técnicas de elementos finitos aplicadas a revestimentos de poços. Esperam-se identificar pontos críticos nos revestimentos que indiquem risco de falhas.

# Atualização Tecnológica dos Projetos Sest Solos e Simcon

**Alisson T. Pinto** (alisson.tenorio@lccv.ufal.br)

Alan D. dos Santos, Arthur P. de M. R. Soares, Diogo S. Fonseca, Higor V. de Lima, Jardel A. G. Ferreira, Vitor R. Moraes e Silva

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: EDGE/UFAL, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Integridade de poços, Geotécnica de poços, Python, Django

## Introdução

O SEST-SOLOS e o SIMCON são sistemas web da suíte PoçoWeb, voltados para o suporte a projetos de perfuração de poços de petróleo. O SEST-SOLOS gerencia ensaios experimentais de solo, focando na previsão e caracterização de resistência ao cisalhamento e análise de dados de jateamento. O SIMCON se concentra na análise estrutural de revestimentos condutores e de superfície, avaliando diferentes métodos de instalação do poço e otimizando revestimentos e probabilidade de colapso. Durante o período corrente, foi planejada uma atualização nas tecnologias utilizadas para o desenvolvimento

dos sistemas, visando melhorias no desempenho das aplicações, assim como na praticidade do desenvolvimento por parte dos colaboradores.

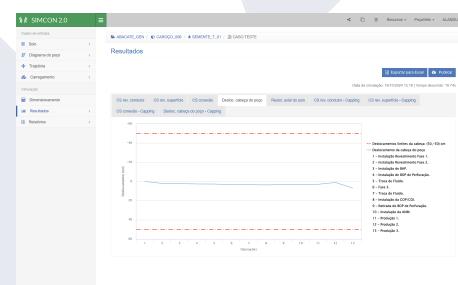


Figura 1: Simcon.

## Metodologia

Devido a necessidade de adequação às tecnologias e processos recentes utilizadas pelos sistemas da Petrobras foi solicitado a atualização das versões utilizadas nos sistemas SIMCON e SEST SOLOS. Para garantir a qualidade dos sistemas SEST SOLOS e SIMCON, além de evitar erros recorrentes durante o desenvolvimento, foi também iniciado o desenvolvimento de testes automatizados de interface (testes fim a fim), somando aos já desenvolvidos testes unitários e de requisição. Uma vez finalizados, os testes automatizados serão incorporados na pipeline de construção do sistema, reduzindo a probabilidade

de uma feature inadequada ser propagada para o ambiente de homologação e produção.

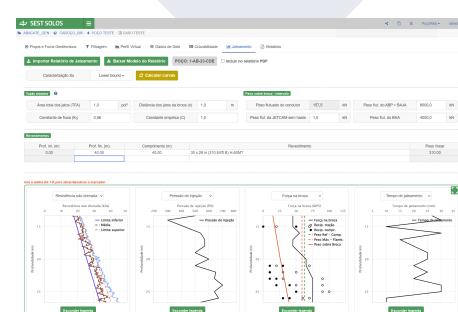


Figura 2: Sest Solos.

## Resultados

Devido as dependências dos sistemas foi decidido então passar o Python da versão 2.7 para a 3.12 e o Django da versão 1.7 para a 4.2.8. Já o jQuery foi passado da versão 2.2.4 para 3.7.1. A Biblioteca oidc auth (OpenID Connect Client for Django) foi passada da versão da 0.0.5 para 1.0.0. Os testes automatizados de interfaces estão sendo implementados utilizando a biblioteca Playwright 1.45.1 sendo executados nos navegadores Chromium, Firefox e Microsoft Edge.

# SEST SAL - Um ambiente WEB para estimativa do comportamento de poços em regiões salinas

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

Antonio Paulo A. Ferro, Themisson S. Vasconcelos, Luís Philipe R. Almeida, João Fyllipy L. Nunes, Daniel M. Pimentel, Flávio V. Pais, Aline S. R. Barboza, Eduardo T. Lima Jr., Lucas P. Gouveia, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Fluênciça, Geomecânica, Rochas salinas

## Introdução

Para alcançar os reservatórios dos pré-sal é necessário atravessar espessas camadas de rochas salinas (Figura 1). 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. O que pode provocar aprisionamento de equipamentos e outras complicações, assim, a previsão da evolução desse fechamento é essencial para o planejamento da perfuração. O SEST SAL é uma solução WEB integrada à suíte de aplicativos Poçoweb elaborada para a modelagem computacional do comportamento dessas rochas.

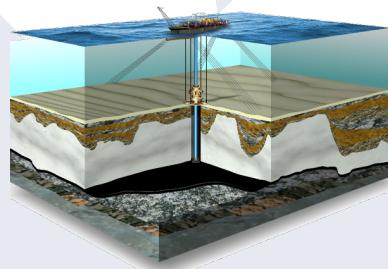


Figura 1: Esquemática do poço, solo e reservatório pré-sal.

## Metodologia

O simulador considera apenas o trecho de rocha exposta, o cimento e os revestimentos das fases anteriores não são considerados. Assim, cada fase que atravessa rochas salinas deve ser analisada separadamente (Figura 2). A solução implementa a formulação axissimétrica em deslocamentos do método dos elementos finitos, são adotados elementos quadrilaterais quadráticos e isoparamétricos com oito nós. A integração numérica adotada é reduzida na direção radial e completa na direção vertical do poço. O comportamento viscoelástico do sal é modelado pela equação constitutiva de fluênciça secundária

Mecanismo Duplo de Deformação.

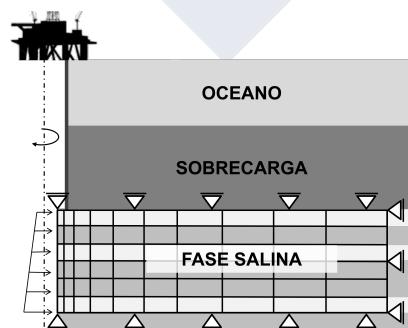


Figura 2: Modelo mecânico.

## Resultados

A solução SEST SAL já está implementada e em uso pela operadora, melhorias estão sendo implementadas principalmente no sentido de tornar o modelo mais realista. Atualmente, estão em estudo equações constitutivas que incorporam as fases primária e secundária da fluênciça do sal. Outra importante melhoria em desenvolvimento é a simulação de operações de repasse e alargamento, essa atividade envolve a remoção e o redimensionamento de elementos da malha.

# Estudo de refinamento de malha para modelagem por elementos finitos do fechamento de poço devido à fluênci salina

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

João Paulo L. Santos, Catarina N. A. Fernandes, Themisson S. Vasconcelos, Luís Philipe R. Almeida, Antonio Paulo A. Ferro

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Modelagem, Análise Computacional de Estruturas, MEF

## Introdução

No contexto da análise de fluênci salina em poços de águas profundas no pré-sal, a precisão das simulações por elementos finitos depende crucialmente da qualidade e da adaptabilidade da malha utilizada. Um refinamento adequado da malha em regiões críticas, como a parede do poço, é indispensável para representar com precisão o comportamento complexo e dependente do tempo da deformação do sal, que ocorre sob condições extremas pressões e temperaturas. Para garantir resultados confiáveis, propôs-se um estudo detalhado de refinamento de malha, que leva em conta diferentes razões de progressão geométrica dos tamanhos dos elementos, permitindo uma melhor captura dos campos de tensão e deformação.

## Metodologia

O modelo do poço, considerado vertical, é um cilindro, representando um ambiente típico de poço na região do pré-sal. O domínio do modelo se estende radialmente a partir da parede do poço em direção a uma fronteira externa suficientemente distante, com o objetivo de minimizar os efeitos de borda sobre a solução numérica. O comportamento mecânico do sal é caracterizado pela fluênci viscoelástica, e as equações governantes são resolvidas utilizando o método dos elementos finitos (MEF). A Figura 1 ilustra o modelo mecânico e a malha, com maior refinamento na região mais crítica garantindo a representação precisa das tensões e deformações ao longo do tempo. Baseada na solução analítica

do problema elástico, a razão de crescimento dos elementos é otimizada para reduzir os erros nos deslocamentos.

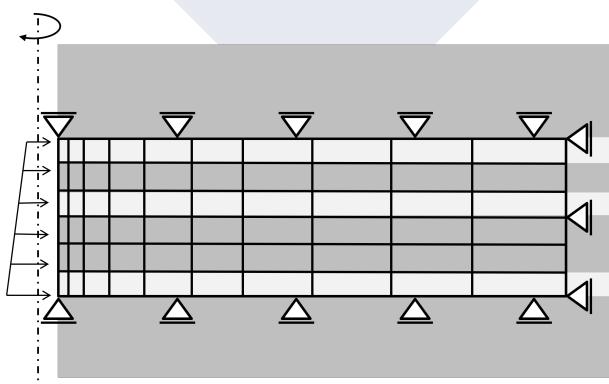


Figura 1: Modelo mecanico.

## Resultados

O método proposto foi aplicado a um modelo de poço sob condições típicas do pré-sal, demonstrando resultados animadores. Os resultados indicam que a estratégia de refinamento de malha adotada oferece um excelente equilíbrio entre precisão e eficiência computacional. Ao concentrar o refinamento na região mais crítica, foi possível capturar com precisão o comportamento da fluênci salina, especialmente nas zonas onde as tensões e deformações são mais intensas e complexas.

# Procedimento de remalhamento local para modelar alargamento em poços de petróleo verticais durante a perfuração em rochas salinas

**Luís Philipe R. Almeida** (luis.almeida@lccv.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, João Paulo L. Santos, Antonio Paulo A. Ferro, Themisson S. Vasconcelos, João Fyllipy L. Nunes

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Rochas Salinas, Remalhamento Local, Método dos Elementos Finitos

## Introdução

O objetivo desta atividade é desenvolver uma metodologia, baseada no corte e ajuste de elementos finitos, para modelar alargamento e o repasse em rochas salinas durante a perfuração de poços verticais. O monitoramento adequado do diâmetro do poço deve ser feito constantemente durante todo o processo de perfuração. Assim, procedimentos de alargamento podem ser necessários para recondicionar o diâmetro do poço ao seu estado original.

## Metodologia

A estratégia de recondicionamento apresentada neste trabalho baseia-se na remoção e ajuste de elementos de malha reestabelecendo o raio inicial do poço em regiões específicas (ver figura 1). Este procedimento melhora a precisão e o realismo das simulações, evitando o aparecimento de vazios entre a malha e a passagem da broca. Quanto à passagem do alargador, será considerada a retirada e ajuste de elementos concomitantemente com o avanço do alargador. Gráficos de tensões ao longo do poço e comparações com dados de poços reais são utilizados para melhorar a compreensão dos fenômenos e validar a metodologia proposta.

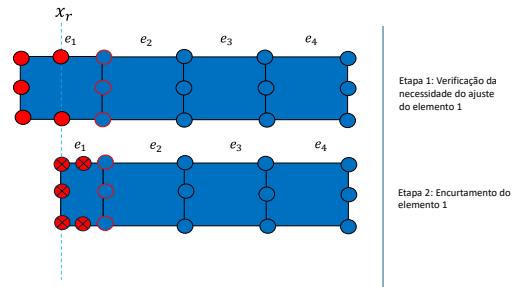


Figura 1: Metodologia para ajuste do elemento.

## Resultados

Neste cenário, o procedimento de remalhamento local será verificado em um poço com alargador. O poço apresenta intercalações de Carnalita com Halita. O diâmetro da broca é 12,125", enquanto o diâmetro do alargador é 12,25". A figura 2 apresenta a evolução do deslocamento na região mais profunda da camada salina. Como esperado, a metodologia de ajuste provoca a reconfiguração do poço ao raio do alargador, concomitantemente com a passagem do alargador.

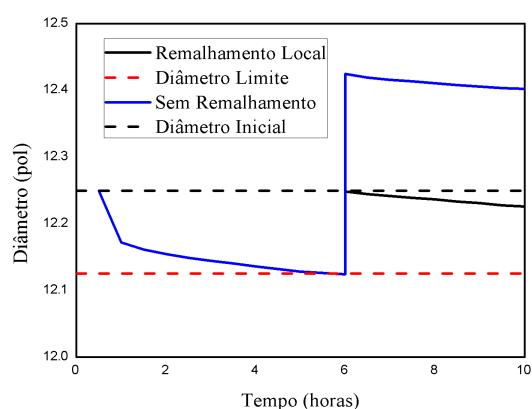


Figura 2: Diâmetro útil com/sem ajuste de elemento.

# Inclusão da fluênciá primária nas simulações de fechamento de poços no SEST SAL

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

João Paulo L. Santos, Catarina N. A. Fernandes, Themisson S. Vasconcelos, Luís Philipe R. Almeida,  
João Fyllipy L. Nunes

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Rochas salinas, Modelos constitutivos, Fluênciá primária

## Introdução

A perfuração em camadas espessas de rochas salinas, impõe desafios para o projeto e execução de poços, sendo uma das principais dificuldades causadas pelo fenômeno da fluênciá em rochas salinas. Esse comportamento mecânico é preocupante para as operações de perfuração, podendo ocasionar a prisão da coluna de perfuração. A fluênciá pode ser dividida em três fases: a primária (fase transiente), a secundária (fase permanente) e a terciária (ruptura do corpo sólido). Por se entender que em aplicações típicas de perfuração a fase secundária é dominante e a fase primária dissipada rapidamente, as simulações numéricas de fechamento de poço consideram tradicionalmente leis constitutivos que modelam apenas a fase secundária. No entanto, considerando o cenário de perfuração atual, com poços cada vez mais profundos submetidos a alta temperatura e pressão, desconsiderar a fluênciá primária necessita maior análise, principalmente considerando operações em curto período de tempo.

## Metodologia

Busca-se a inclusão de leis constitutivas que modelam em conjunto a fase primária e secundária para um previsão mais realista do comportamento das rochas salinas. Atualmente, o modelo constitutivo conhecido como Mecanismo Duplo (DM) é amplamente utilizado por ter sido calibrado para as várias rochas brasileiras. Um primeiro modelo investigado foi o EDMT que utiliza a formulação do DM porém adicionando a fase transiente de fluênciá e aproveitando

a calibração do DM. Outros modelos também têm sido investigados e, conforme indicado na Figura 2, busca-se incluir um modelo calibrado representativo e analisar a influência da fase primária nas simulações.

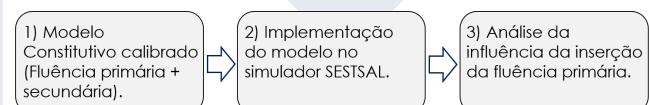


Figura 1: Macroetapas da metodologia.

## Resultados

O modelo EDMT foi implementado, e, tendo em vista a calibração já existente para a rocha Halita, comparações com o DM foram feitas. Na Figura 2, é observado deslocamentos radiais com o EDMT acima de 2.5 vezes maior nas primeiras 5 h. No entanto, é necessário calibrar este modelo para as demais rochas e ampliar as análises, incluindo comparação com dados reais de fechamento de poço.

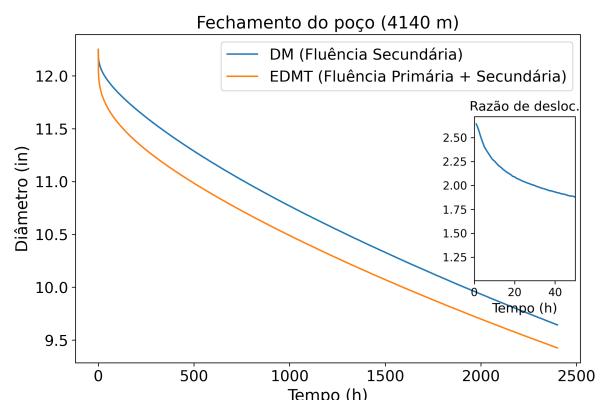


Figura 2: Comparação EDMT vs DM.

# Processo de calibração de modelos constitutivos para fluênci a de rochas salinas

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

João Paulo L. Santos, Catarina N. A. Fernandes, Themisson S. Vasconcelos, Luís Philipe R. Almeida,  
João Fyllipy L. Nunes

## Atividade de P&D

Duração: 18 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Rochas salinas, Fluênci a, Calibração de modelos constitutivos

## Introdução

A simulação do comportamento das rochas salinas é imprescindível para o projeto e planejamento da execução de poços no cenário do pré-sal brasileiro. Devido à complexidade deste problema, essa simulação é feita empregando modelagem fisicamente não linear usando Método dos Elementos Finitos (MEF) que devem empregar modelos constitutivos representativos. A precisão dos resultados necessita que os modelos caracterizem adequadamente o comportamento viscoso (fenômeno de fluênci a das rochas), e que seus parâmetros sejam calibrados com as principais rochas salinas encontradas no pré-sal.

## Metodologia

A Figura 2 ilustra a metodologia. Um conjunto de dados de ensaios triaxiais de fluênci a das rochas Halita, Carnalita e Taquidrita são analisados e tratados para estudos de calibração de modelos constitutivos. Foi feito revisão de literatura com leis constitutivas para modelagem da fase primária e secundária da fluênci a. Modelos da literatura são verificados e estratégias de calibração são avaliadas para cada modelo. A melhor estratégia depende da complexidade do modelo e da quantidade de parâmetros que modelam a fluênci a. O objetivo é incorporar os modelos no simulador SEST SAL.



Figura 1: Fluxo de execução das etapas desta atividade.

## Resultados

A presente atividade encontra-se em fase de desenvolvimento. Alguns modelos foram investigados e cada implementação foi verificada com dados de ensaios da literatura, como no exemplo da Figura 2. Para cada modelo calibrado, um único conjunto de parâmetros deve resultar em boa aderência com os dados triaxiais de cada rocha, considerando as diferentes temperaturas e tensões desviadoras dos ensaios. Espera-se que modelos mais representativos sejam incluídos no SEST SAL, possibilitando melhorar, por exemplo, a precisão nas simulações de fechamento por fluênci a do poço.

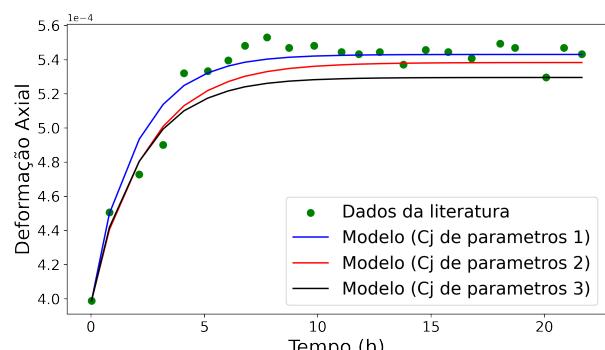


Figura 2: Dados de ensaios da literatura, comparação entre diferentes conjuntos de parâmetros de um modelo verificado.

# Análise Comparativa do Fechamento de Poços em Formações de Rocha Salina Considerando a Fluênciia Primária

**Elisama Q. S. Santos** (elisama.santos@ctec.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, William Wagner M. Lira, João Paulo L. Santos, Antonio Paulo A. Ferro

**Iniciação científica**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Estágios de Fluênciia, Rochas Salinas, Método dos Elementos Finitos

## Introdução

O objetivo dessa atividade é comparar o fechamento de poços verticais em rochas salinas considerando modelos constitutivos com e sem a incorporação da fluênciia primária. No contexto da perfuração de poços na região do pré-sal, um aspecto que pode comprometer a operação é o fenômeno de fluênciia, à medida que deformações dependentes do tempo se acumulam e podem levar ao aprisionamento irreversível da coluna de perfuração devido ao fechamento das paredes do poço.

## Metodologia

A simulação computacional foi realizada com o simulador desenvolvido no Laboratório de Computação Científica e Visualização, usando a modelagem fisicamente não-linear com o Método dos Elementos Finitos (MEF), empregando a equação do Mecanismo Duplo e a equação do Mecanismo Duplo Enriquecido usando a Função Transiente. Ambos os métodos foram calibrados para rocha salina Halita, presente em todo o poço. Além de calcular o erro cometido ao considerar ou não a fase primária de fluênciia, foi observada a variação do resultado ao se considerar diferentes temperaturas no topo da fase.

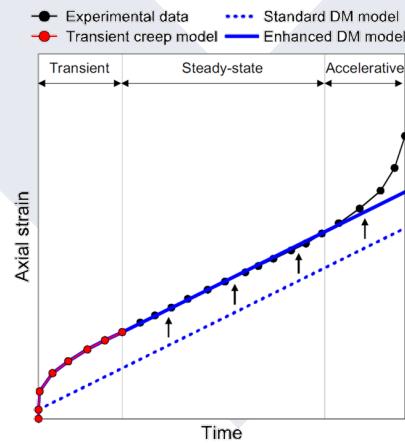


Figura 1: DM x EDMT, ensaio triaxial (Firme et al., 2018).

## Resultados

Os resultados das simulações evidenciaram que a consideração da fluênciia primária é importante pois a diferença entre os valores de deslocamento obtidos foi considerável. A não consideração da fluênciia primária leva fechamentos subestimados (ver Figura 2), podendo gerar diversos problemas de execução como o desperdício de material, o maior tempo de execução e novos orçamentos para substituição de equipamentos perdidos.

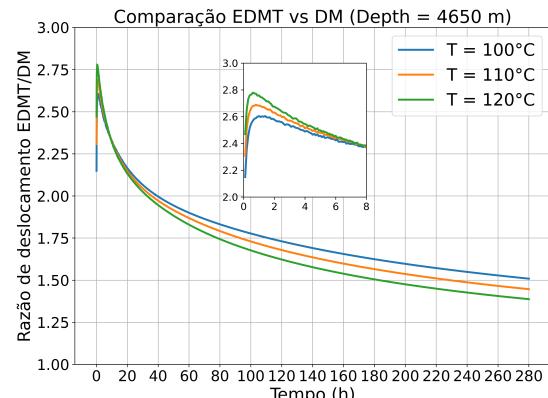


Figura 2: Resultados obtidos.

# Modelagem do fechamento por fluênciam de rochas salinas perfuradas por poços direcionais

**Carlos M. A. Tenorio** (carlos.tenorio@ctec.ufal.br)

Catarina N. A. Fernandes, João Paulo L. Santos, William Wagner M. Lira, Themisson S. Vasconcelos

**Monografia de graduação**, Engenharia civil

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Rochas salinas, Poços direcionais, Método dos elementos finitos tridimensionais

## Introdução

O processo de perfuração em rochas salinas é complexo devido à fluênciam, que é a tendência dessas rochas se deformarem ao longo do tempo mesmo sob tensão constante, o que pode levar ao fechamento do poço e gerar riscos operacionais significativos. Embora a modelagem axissimétrica de poços verticais seja amplamente discutida na literatura, ainda persistem dúvidas sobre o comportamento da formação ao perfurar poços direcionais, o que exige modelagem tridimensional. Com o aumento da prevalência de perfuração direcional em regiões salinas, torna-se necessário compreender como o comportamento do sal muda em poços não verticais. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia eficaz para modelar poços direcionais em rochas salinas e avaliar as mudanças no comportamento dessas formações, estudando o impacto de poços com diferentes inclinações.

## Metodologia

A metodologia deste trabalho envolveu inicialmente a modelagem de um poço axissimétrico bidimensional, abordagem previamente estabelecida pelo grupo de pesquisa. Em seguida, foi modelado um poço vertical tridimensional para comparar os resultados e validar a eficácia da modelagem 3D, garantindo a equivalência com os resultados do modelo axissimétrico. Após a validação, poços direcionais com diferentes inclinações foram modelados. Todas as simulações foram realizadas utilizando o software comercial de elementos finitos Abaqus, aplicando a Lei de

Dupla Potência para representar o comportamento viscoelástico das rochas salinas.

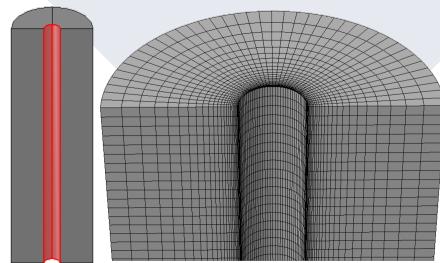


Figura 1: Modelo tridimensional adotado.

## Resultados

Após a definição do procedimento passo a passo da modelagem, adotou-se um poço sintético que representa condições semelhantes às encontradas em poços do pré-sal brasileiro. O poço foi modelado considerando apenas a litologia de halita. Devido ao elevado consumo de memória e tempo de processamento, considerou-se apenas uma seção de 100 metros. Além do modelo axissimétrico 2D, foram modelados poços 3D com inclinações de 0°, 20°, 40°, 60° e 80°. O fechamento na região de estudo apresentou uma diferença inferior a 0,01% entre os modelos axissimétrico e 3D vertical, confirmando a validade da abordagem de modelagem 3D. Os resultados das simulações indicaram que a inclinação do poço teve um efeito mínimo nos deslocamentos diametrais. A continuação deste estudo envolve a simulação de poços com diferentes litologias para compreender melhor como as condições geológicas variáveis influenciam o comportamento dos poços.

# Modelagem termomecânica do teste de absorção (LOT) em poços de petróleo na presença de evaporitos

**Themisson S. Vasconcelos** (themisson.vasconcelos@lccv.ufal.br)

João Paulo L. Santos, Catarina N. A. Fernandes, Antonio Paulo A. Ferro, Luís Philipe R. Almeida,  
João Fyllipy L. Nunes

## Tese de doutorado

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Teste de absorção, Formação salina, Modelagem termomecânica

## Introdução

O Leak-Off Test (LOT) é amplamente utilizado para estimar a pressão de fratura das formações expostas, constituindo um passo fundamental na determinação da pressão máxima segura de perfuração. No entanto, a interpretação desse teste pode apresentar complexidades associadas a rochas com comportamentos não lineares, como a fluência dos evaporitos. Neste estudo, propõe-se um modelo termo-mecânico em múltiplas camadas que incorpora a variabilidade estratigráfica e os efeitos térmicos e mecânicos das formações salinas, com o objetivo de aprimorar a precisão do teste de absorção realizado em rochas salinas, previsão da pressão de fratura e a análise de estabilidade do poço.

## Metodologia

Trata-se de um modelo termo-mecânico pressão durante o teste. axisimétrico multicamadas para simular o LOT em formações salinas. Ele é subdividido em subsistemas, considerando a compressão do fluido, o deslocamento de sólidos (revestimento e rochas), o deslocamento das formações rochosas e o efluxo de fluidos (Figure. 1). As simulações utilizam o método dos elementos finitos para modelar o deslocamento viscoelástico das rochas salinas, considerando as características geológicas e a pressão interna. Modelos de fraturamento hidráulico são incorporados para representar a propagação de fraturas decorrente da evolução da

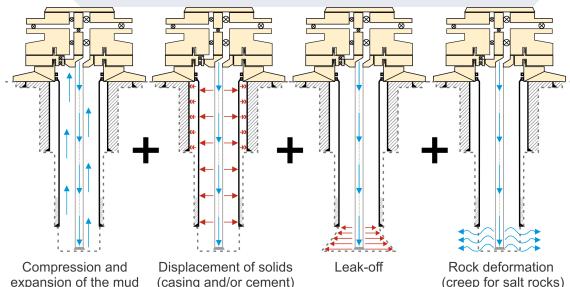


Figura 1: Sub-sistemas de modelagem matemática.

## Resultados

Os resultados mostram que o modelo capturou com precisão as interações associadas à presença de rochas salinas durante o LOT. Simulações em formações de halita, carnalita, anidrita e taquidrita indicaram que o modelo PKN foi o mais preciso na previsão da variação de pressão. Além disso, o impacto do LOT na pressão dos anulares adjacentes destacou a necessidade de um projeto cuidadoso de revestimento para garantir a integridade do poço.

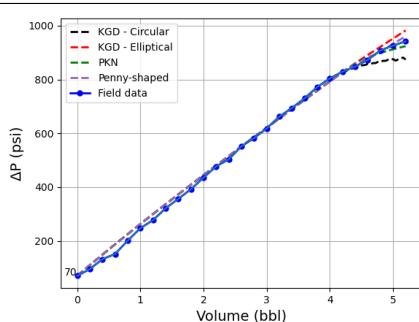


Figura 2: Comparação dos modelos KGD, PKN e Penny-Shaped com dados de teste de injeção.

# Atualização tecnológica - SEST SAL

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

Catarina N. A. Fernandes, João Paulo L. Santos, Antonio Paulo A. Ferro, João Fyllipy L. Nunes, Themisson S. Vasconcelos, Carlos M. A. Tenorio, Elisama Q. S. Santos, Flávio V. Pais

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Kubernetes, Containers, Cloud

## Introdução

O presente projeto tem por objetivo apresentar as atualizações tecnológicas para os estudos e desenvolvimentos associados à geomecânica do sal e sua interação com poços de petróleo durante a fase de perfuração. Essas atualizações tecnológicas agilizam o desenvolvimento de novas funcionalidades, atualizações ou correções no software do projeto Sest Sal através da implantação automatizada do projeto Sest Sal.

## Metodologia

Atualmente, o projeto Sest Sal possui uma arquitetura monolítica baseada em máquina virtual, com deploy manual e softwares desatualizados que não tem mais suporte, como o sistema operacional Linux CentOS na versão 6, a linguagem de programação Python na versão 2 e outros frameworks que fazem parte do projeto. Portanto, foi necessário realizar tanto as atualizações dos softwares e suas dependências, criação de pipelines para deploy automatizado e mudança da arquitetura computacional. A arquitetura proposta é baseada em containers Linux (ver Figura 1) com orquestração desses containers em cluster através do Kubernetes, pipelines via Jenkins e as atualizações da

linguagem de programação Python para a versão 3, bem como as atualizações mais recentes dos frameworks e todas as suas dependências.

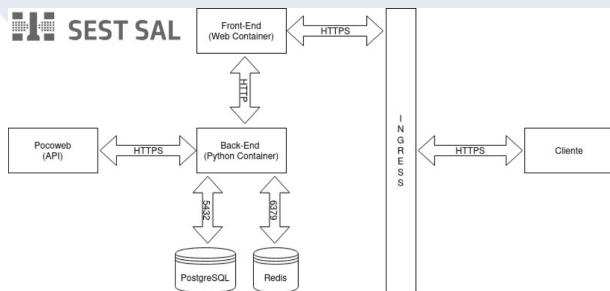


Figura 1: Ilustração da nova arquitetura baseada em containers Linux.

## Resultados

As atualizações tecnológicas deste projeto prevêem, além da mudança de arquitetura computacional de monolítico para microserviço, a criação de pipelines para que novas funcionalidades ou correções no projeto Sest Sal para que sejam implantadas e disponibilizadas nos ambientes de forma automatizadas (ver Figura 2).

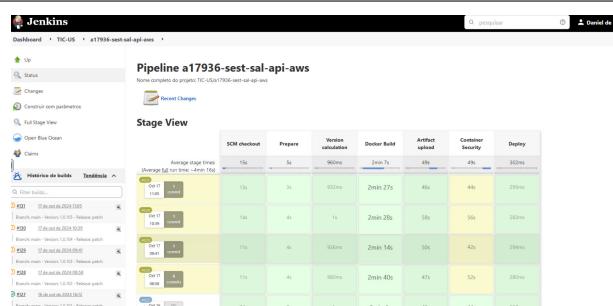


Figura 2: Pipeline com deploy automatizado em containers.

# Engenharia Oceânica

# Implementação de Metodologias Ágeis e Ferramentas de Gestão para Projetos de Engenharia Naval, Submarina e de Transformação Digital

**Eduardo S. S. Silveira** (eduardo.setton@lccv.ufal.br)

Aline G. L. Amaral, Leonardo C. Lyra, Leonardo C. Nascimento, Letícia B. C. Santos, Maria Clara L. Barbosa

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Ferramentas de Gestão, Gestão Ágil, Transformação Digital

## Introdução

Impulsionada pelo financiador, que adota metodologias ágeis para gestão dos projetos, a equipe responsável pelos projetos de engenharia naval, submarina e transformação digital buscou aprimorar sua expertise para fazer frente às crescentes demandas dos projetos. Esse estímulo levou à capacitação contínua dos profissionais e à implementação de novas ferramentas de gestão, fundamentais para lidar com a complexidade dos projetos e com a dinâmica das diversas demandas do financiador.

## Metodologia

O Framework Scaled Agile (SAFe) foi adotado como metodologia central de gerenciamento dos projetos, permitindo a escalabilidade dos processos ágeis e coordenando múltiplas equipes de forma integrada. O Jira é utilizado como principal ferramenta de monitoramento de tarefas e proporciona o gerenciamento ágil da equipe por meio da visualização clara do progresso das tarefas e do acompanhamento da produção individual de cada membro nas atividades (ver Figura 1). Por meio de quadros Kanban e cerimônias ágeis do Scrum, como sprints e PIs, o time gerencia as atividades de forma eficiente, facilitando a

comunicação e o alinhamento entre os integrantes.

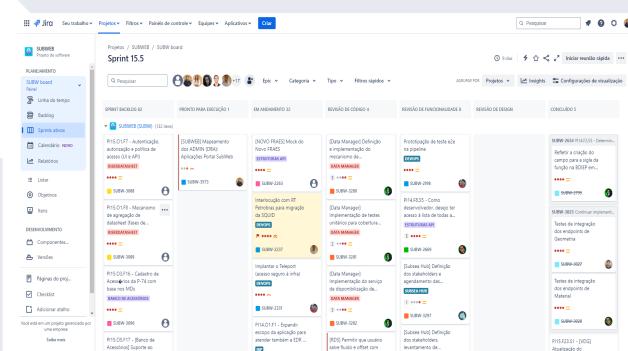


Figura 1: Board de atividades do Jira.

## Resultados

A implementação das metodologias ágeis, aliada ao uso de ferramentas de gestão, resultou em ganhos significativos na eficiência e eficácia da gestão dos projetos. O monitoramento contínuo do desenvolvimento e da produção individual da equipe permitiu identificar rapidamente áreas de melhoria, promovendo um ambiente de trabalho mais colaborativo. A aplicação de Sprints, em conjunto com a estruturação proporcionada pelo SAFe, garantiu que as entregas fossem realizadas dentro dos prazos, assegurando a qualidade das soluções desenvolvidas. Essa abordagem elevou a colaboração, transparência e previsibilidade nas entregas, alinhando a gestão dos projetos com as melhores práticas de transformação digital e engenharia avançada.

# GP-SUB: Módulo de Projeto Conceitual

**Gabriel C. Freitas** (gabriel.freitas@lccv.ufal.br)

Kim R. Gama, Douglas C. S. B. Torres, Eric M. Cabral, Andressiane G. Lino, Emanuel J. S. Barreto, Aline S. O. Neves, Ricardo A. Fernandes, Vilker T. C. Lobo, Rendrikson O. Soares, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Gestão de Projetos, Projeto Conceitual

## Introdução

Um sistema submarino pode ter projetos de variados graus de detalhamento, a depender do momento e intuito de sua construção. Nesse contexto, o fluxo geralmente inicia-se pela confecção do projeto conceitual, no qual o sistema é avaliado segundo seus requisitos técnicos, restrições e análises preliminares de viabilidade. A partir dele, são refinados conceitos preliminares e novas análises mais aprofundadas são consolidadas no projeto básico. Por fim, o projeto detalhado precede a fase de operação e contém desenhos elaborados, procedimentos de instalação e análises de integridade. O escopo do Módulo Conceitual, descrito neste trabalho, restringe-se ao projeto conceitual elaborado atualmente pela gerência de Projetos Submarinos (PSUB) da PETROBRAS, e visa facilitar e automatizar o gerenciamento e execução das atividades envolvidas na elaboração de projetos conceituais de sistemas submarinos na companhia.

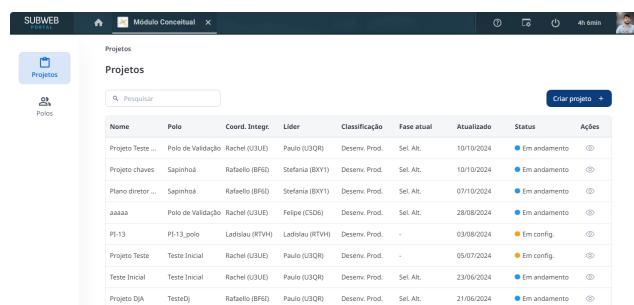
## Metodologia

A partir do kick-off feito em 2023, foram realizadas reuniões periódicas de diagnóstico com clientes da PETROBRAS, intercaladas com períodos de prototipação e desenvolvimento da ferramenta, que culminaram na versão atual desse software. Esse processo foi norteado pela identificação e priorização das funcionalidades a serem desenvolvidas juntamente aos clientes da PSUB, mais especificamente do setor de Projetos em Campos Novos (PCN).

## Resultados

Em Junho/24 foi disponibilizado o MVP (v1.0) do Módulo Conceitual em ambiente de homologação PETROBRAS. Após rodadas de homologação, foi gerada a versão 1.1 do software, conforme disposto na Figura 1, contendo diversas melhorias de usabilidade e novas funcionalidades tais como: i) Fluxos de utilização específicos para cada perfil de usuário, com suas respectivas permissões e responsabilidades na aplicação; ii) Visualização de informações gerais de projeto e de suas atividades; iii) Cadastro de dados específicos aos projetos, como "Gerência", "Cliente", "Polo" e "Jazida"; iv) Integração com outras ferramentas do ecossistema SUBWEB, tais como "Insumos" e "Workflow". Essa versão encontra-se atualmente em fase de homologação e com disponibilização em ambiente de produção prevista para Outubro/24. Estima-se que a versão 1.2, que contará com diversas novas

funcionalidades (tais como remodelagem da tela inicial, visualização de progresso do projeto em forma de diagrama de fluxo etc.) e outros refinamentos, seja disponibilizada em ambiente de produção ainda em 2024.



The screenshot shows a web-based application titled 'SUBWEB' with a specific module named 'Módulo Conceitual'. The main view is a table titled 'Projetos' (Projects). The columns include: Nome (Name), Polo (Polo), Coord. Integr. (Coordinator), Líder (Leader), Classificação (Classification), Fase atual (Current Phase), Atualizado (Last Update), Status (Status), and Ações (Actions). There are 10 rows of data listed, each representing a different project entry. The status column for most projects shows 'Em andamento' (In progress), while one row has 'Em config.' (In configuration).

Nome	Polo	Coord. Integr.	Líder	Classificação	Fase atual	Atualizado	Status	Ações
Projeto Teste ...	Polo de Validação	Rachel (UJUE)	Paulo (UJQR)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	10/10/2024	Em andamento	
Projeto chave ...	Sapirinha	Rafaelo (BPG)	Stefania (BXYT)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	10/10/2024	Em andamento	
Plano diretor ...	Sapirinha	Rafaelo (BPG)	Stefania (BXYT)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	07/10/2024	Em andamento	
aaaaaa	Polo de Validação	Rachel (UJUE)	Felipe (CSGS)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	28/09/2024	Em andamento	
PI-13	PI-13_polo	Ledisseu (RTVH)	Ledisseu (RTVH)	Desenv. Prod.	-	03/08/2024	Em config.	
Projeto Teste	Teste Inicial	Rachel (UJUE)	Paulo (UJQR)	Desenv. Prod.	-	05/07/2024	Em config.	
Teste Inicial	Teste Inicial	Rachel (UJUE)	Paulo (UJQR)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	23/06/2024	Em andamento	
Projeto Dja	TestedQ	Rafaelo (BPG)	Paulo (UJQR)	Desenv. Prod.	Sel. Alt.	21/06/2024	Em andamento	

Figura 1: Tela inicial do Módulo Conceitual.

# GP-SUB - Módulo de projeto básico de dutos rígidos

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

Aline S. O. Neves, Eduardo S. S. Silveira, Gustavo C. Rego, Leonardo C. Lyra, Lucas H. R. O. Falcão, Rendrikson O. Soares, Vilker T. C. Lobo

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Projeto básico, Dutos rígidos

## Introdução

O projeto de desenvolvimento da produção de um sistema submarino envolve as etapas conceitual, básica e detalhada. Na etapa conceitual, o projeto é avaliado quanto a seus requisitos técnicos, restrições e análises preliminares de viabilidade. No projeto básico, é realizado um refinamento desses conceitos preliminares e análises mais aprofundadas dos componentes. A etapa de detalhamento precede a fase de instalação, e nela são elaborados desenhos, procedimentos de instalação e análises de integridade. O escopo desse trabalho restringe-se ao projeto básico de dutos rígidos, que é realizado atualmente pela gerência de Engenharia de Dutos Rígidos (EDR). Dessa forma, visando complementar o ecossistema do portal SUBWEB com ferramentas de projeto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um módulo de projeto básico de dutos rígidos visando facilitar e automatizar processos dos analistas, incrementando a transformação digital da Engenharia Submarina da empresa.

## Metodologia

Para entendimento dos processos envolvidos no projeto básico de dutos rígidos, reuniões semanais de diagnóstico são realizadas visando obter conhecimento e validar desenvolvimentos junto ao cliente. Com isso, trabalhou-se no diagnóstico dos insumos recebidos no início do projeto básico, e na estruturação de dados da etapa de premissas de projeto, essencial para a consolidação de informações fornecidas para as atividades posteriores de análise de risers e flowlines rígidas.

## Resultados

O primeiro MVP do módulo de projeto básico está sendo entregue em novembro de 2024, contribuindo na estruturação de dados de premissas de projeto (ver Figura 2) e na automatização de geração de seu memorial descritivo. O módulo está integrado com a aplicação Insumos, para recebimento de dados provenientes de outras gerências (ver Figura 1). Como próxima etapa, será mapeada a estrutura analítica de projeto (EAP) visando agregar todo o fluxo de projeto básico ao módulo desenvolvido.

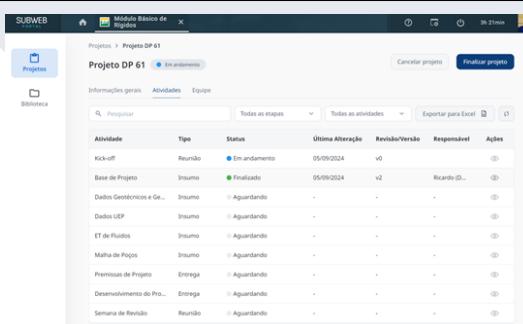


Figura 1: Tela de atividades de um projeto básico em andamento com os insumos a serem recebidos.

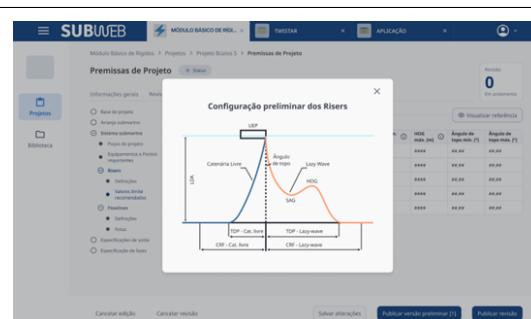


Figura 2: Protótipo de tela de valores limite recomendados para risers, referente à atividade de premissas de projeto.

# GP-SUB - Aplicação Insumos: Centralizando Dados para Projetos de Engenharia Submarina

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

Aline S. O. Neves, Douglas C. S. B. Torres, Eduardo S. S. Silveira, Emanuel J. S. Barreto, Eric M. Cabral, Gabriel C. Freitas, Gustavo C. Rego, Leonardo C. Lyra, Lucas H. R. O. Falcão, Rendrikson O. Soares, Ricardo A. Fernandes, Sarah C. Nogueira, Vilker T. C. Lobo

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Engenharia Submarina, Gestão de insumos, Integração de projetos

## Introdução

No contexto de projetos complexos envolvendo sistemas submarinos, a gestão eficiente de insumos de dados é crucial para o sucesso e a integração das diversas etapas do projeto. A aplicação Insumos surge como uma solução unificada para centralizar a submissão e o acompanhamento de dados provenientes de diferentes gerências. Atuando como a porta de entrada para os módulos de projeto conceitual de sistemas submarinos e básico de dutos rígidos, a aplicação facilita a interoperabilidade entre departamentos e assegura a consistência e rastreabilidade das informações essenciais para o desenvolvimento dos projetos.

## Metodologia

O desenvolvimento da aplicação Insumos seguiu uma abordagem estruturada em várias etapas. Inicialmente, foi realizado um diagnóstico detalhado para identificar as necessidades e os requisitos específicos das gerências envolvidas e os doze tipos específicos de insumo. Em seguida, procedeu-se à prototipação das interfaces, focando na usabilidade e na funcionalidade dos formulários (templates) que seriam utilizados nas diferentes fases dos projetos, como Seleção de Alternativas, Projeto Conceitual e Projeto Básico de Dutos Rígidos. Após a prototipação, foi conduzida uma fase de validação com os stakeholders para garantir que a aplicação atendesse às expectativas

e às demandas operacionais. Com a validação concluída, foi disponibilizado o primeiro MVP da aplicação (ver Figura 1) em um ambiente de homologação para testes e ajustes finais.

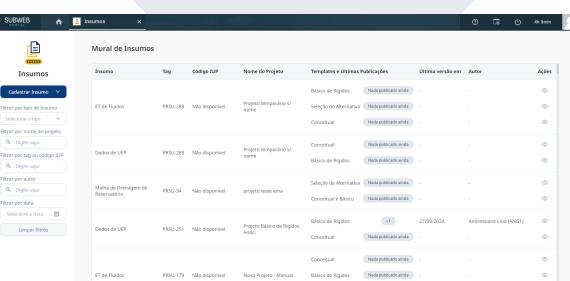


Figura 1: Tela inicial da aplicação Insumos.

## Resultados

A aplicação representa uma inovação na gestão de insumos para projetos de Engenharia Submarina, oferecendo uma plataforma integrada e eficiente para a submissão, acompanhamento e versionamento de dados. Entre as principais funcionalidades implementadas, destacam-se: Criação e Acompanhamento de Insumos; Disponibilização e Versionamento de Templates; EE Digital, Workflow e os Módulos de Projeto.

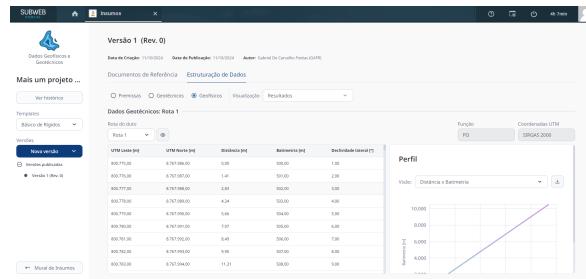


Figura 2: Dados Geotécnicos e Geofísicos.

# Workflow: Desenvolvimento de um serviço para o gerenciamento de projetos baseados em fluxo espiral

**Douglas C. S. B. Torres** (douglas.torres@lccv.ufal.br)

Gabriel C. Freitas, Kim R. Gama, Ricardo A. Fernandes, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Gerenciamento de projetos, Fluxo em espiral, Fluxos de trabalho dinâmicos

## Introdução

Os projetos em espiral representam uma abordagem de gestão que reconhece a natureza iterativa e incremental do desenvolvimento de um projeto. Essa abordagem tem desvantagens como altos custos de implementação e sobrecarga de documentação, já que o número de iterações necessárias é incerto. Essa sobrecarga, por sua vez, pode afetar a eficiência e o controle do processo, principalmente em projetos complexos. Este trabalho apresenta um software desenvolvido para enfrentar esses desafios.

## Metodologia

A implementação do software, desde o levantamento de requisitos seguiu valores da teoria sociotécnica, mantendo a centralidade no usuário. Ele lida com essa natureza iterativa de projetos em espiral, de forma que, alterações são vistas como criação de novas revisões em atividades que quando publicadas, se tornam imutáveis ao passo que alterações em atividades com revisões já publicadas necessitam a criação de uma nova revisão. Revisões geram artefatos que podem ser utilizados por outras atividades como dado de entrada. Esse relacionamento é uma dependência entre as atividades e alterações resulta que em um feedback imediato para as dependências. Ao receber esse feedback atividades possuem duas escolhas, voltar o andamento da tarefa ou permanecer finalizada. A Figura 2 mostra um possível ciclo de um projeto em espiral simplificado.



Figura 1: Ilustração do ciclo em espiral.

## Resultados

O serviço desenvolvido atua como um módulo computacional, é utilizado internamente por outras aplicações. Ele concentra as regras de gerenciamento de projeto e fornece um ambiente confiável para orquestrar o fluxo de atividades, gerenciar riscos, garantir feedback contínuo e permitir a melhoria gradual do produto. Ele registra todas as ações executadas em uma atividade, as armazena e, uma vez que uma revisão de uma atividade é publicada, ela se torna imutável, garantindo que a informação será perpetuada. Através dos dados armazenados pelo software é possível automatizar a criação de relatórios e indicadores, fornecendo insumos para a gerência do projeto tomar decisões mais efetivas.

# QA e Testes das Aplicações do Contexto SUBWEB e GP-SUB

**Márcio M. Ribeiro** (marcio@ic.ufal.br)

Samuel W. L. Oliveira, Andressiane G. Lino, Bruna C. Sarmento

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** QA, Testes de software, Qualidade de software

## Introdução

Os testes de aplicações no GP-SUB e SUBWEB são cruciais para garantir a qualidade do sistema ao longo de todo o ciclo de vida, focando na perspectiva do usuário final. Através das práticas de QA, é possível prevenir defeitos, validar requisitos, estabelecer processos e padrões claros, manter a documentação dos testes, promover a melhoria contínua e garantir a colaboração entre a equipe de desenvolvimento, assegurando que os objetivos de qualidade sejam cumpridos.

## Metodologia

Para garantir a qualidade de software nos projetos SUBWEB e GP-SUB, nossos QAs tem como prática realizar Planos de Testes (ver Figura 1), no qual, é um documento estratégico que define a abordagem e a metodologia para realizar testes em uma aplicação. Os planos de testes servem como um guia para toda a equipe de QA e ajudam a garantir que todos os aspectos do produto sejam avaliados de forma sistemática. Um plano de teste eficaz deve incluir elementos-chave como escopo, estratégias de teste e objetivos. O escopo define as partes do sistema que serão testadas ou excluídas, enquanto as estratégias detalham os tipos de testes a serem realizados. Os objetivos dos testes esclarecem os resultados esperados, focando na funcionalidade, segurança e usabilidade. Um plano de teste bem elaborado é essencial para garantir que todas as áreas do software sejam testadas de forma eficiente, contribuindo para a

entrega de um produto de alta qualidade.

### Plano de testes

#### Objetivo:

Garantir a entrega de qualidade: O principal objetivo é garantir que o Módulo do IRP atenda aos requisitos de qualidade e funcionamento esperados. Com isso, iremos garantir que o sistema seja entregue adequadamente conforme o planejado para o seu devido uso em seu ambiente de produção.

Validar Requisitos: Os testes permitem verificar se o Módulo atende aos requisitos especificados.

#### Versão:

1.2

#### Escopo:

##### Login:

- **Testes Funcionais:**  
Validar se o usuário consegue acessar o Portal SubWEB com seus devidos usuário e senha já cadastrados.

- **Testes de Segurança:**  
Validar se o sistema permite acessar o Portal SubWEB sem usuário e senha cadastrado.

##### Home Page:

- **Testes Funcionais:**  
Validar se os botões e fluxos da tela de home page estão funcionais.

- **Testes de Aceitação:**  
Validar se o Módulo IRP está acessível.

- **Testes de validação dos componentes:**  
Validar que os componentes de tela seguem o protótipo de alta fidelidade proposto.

Figura 1: Plano de Testes.

## Resultados

Uma estratégia sólida de QA resulta em produtos mais confiáveis, maior satisfação do cliente e redução de custos. A equipe de QA identifica problemas cedo, permitindo correções ágeis e evitando retrabalho mais caro em fases avançadas. Além disso, testes contínuos, como automatizados, de integração e de regressão, garantem que novas funcionalidades não afetem negativamente o sistema. Assim, o QA não só melhora a qualidade técnica, mas também contribui para a sustentabilidade do negócio a longo prazo. Nos projetos GP-SUB e SUBWEB foram criados cerca de 7 planos de testes e identificados registrados e resolvidos cerca de 100 bugs para garantir a qualidade dos sistemas.

# Design System Para Sistemas Complexos: Desenvolvendo Componentes Para Aplicações De Engenharia Submarina

**Thays C. Oliveira** (thays.oliveira@lccv.ufal.br )

Aline S. O. Neves, Laís C. Santos, Ana Luíza C. Ribeiro, Gustavo H. L. Barbosa, Diego F. D. Bezerra, Kevin T. L. M. Souza

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Design System, Sistemas Complexos, Componentes de Design

## Introdução

O desenvolvimento de sistemas complexos, como os de engenharia submarina, requer uma abordagem holística e centrada no usuário para a criação de interfaces eficientes e intuitivas. Este artigo descreve o processo de construção de componentes de um design system voltado para engenheiros, usuários primários desses sistemas. Um foco particular é dado à ideação e concepção de uma tabela de dados dinâmica capaz de acomodar uma grande quantidade de informações, uma demanda comum nesses ambientes. O projeto do componente foi baseado em princípios de design centrado no usuário, levando em consideração as necessidades dos engenheiros de visualização e manipulação de dados complexos e em tempo real.

## Metodologia

O desenvolvimento do componente tabela seguiu uma abordagem estruturada, passando por diversas etapas metodológicas para garantir a criação de uma solução robusta e eficiente. Primeiro foram realizadas entrevistas com os designers das interfaces de aplicações, para entender as necessidades dos engenheiros no que se refere à visualização de dados e interações com o sistema. Em seguida, uma análise de similares foi realizada, onde estudou-se ferramentas usadas pelo público-alvo em contextos semelhantes. A partir disso, foram criados esboços do componente e refinados por meio de testes nas interfaces das aplicações. Após os testes, o componente foi integrado à biblioteca no Figma, seguindo padrões de design consistentes. Posteriormente, o componente foi desenvolvido em código, garantindo que a tabela fosse responsiva e funcional em seu contexto de utilização. Finalmente, as testagens em ambiente real validaram o seu desempenho e usabilidade, permitindo ajustes finais.

## Resultados

O componente de tabela desenvolvido mostrou-se eficiente para a manipulação de grandes volumes de dados, oferecendo interfaces intuitivas e responsivas. Ele se integrou bem a diversas aplicações, proporcionando uma experiência de usuário satisfatória para os engenheiros e atendendo às demandas de visualização de dados. Vale destacar que o componente foi projetado para ser flexível e adaptável, mas é essencial que seja revisado periodicamente para acompanhar novos requisitos que possam surgir com a evolução das aplicações. Dessa forma, torna-se possível garantir que ele continue suprindo as necessidades dos usuários e se adaptando às mudanças nas

condições operacionais dos sistemas.

Figura 1: Tabela aplicada em uma interface gráfica.

# A Importância do Design Gráfico na Plataforma SUBWEB

**Carolina S. Locatelli** (carolina.locatelli@fau.ufal.br)

Aline S. O. Neves, Ana Luíza C. Ribeiro, Sarah C. Nogueira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Identidade Visual, Comunicação Corporativa, Experiência do Usuário

## Introdução

O SUBWEB é uma plataforma digital inovadora que oferece suporte ao ciclo de vida completo dos sistemas submarinos, abrangendo desde o projeto até o descomissionamento. Em meio a essas inovações tecnológicas, o design gráfico se comporta como uma ferramenta estratégica para comunicar de forma eficaz, fortalecer a marca e transmitir a identidade do produto. Através de elementos visuais cuidadosamente pensados, é possível influenciar a percepção dos usuários, promover a consistência da marca e garantir que as mensagens-chave sejam claras e acessíveis a todos os colaboradores.

## Metodologia

Para garantir que a identidade visual da SUBWEB refletisse sua funcionalidade e inovação, foi realizada uma análise detalhada de como o design gráfico poderia ser utilizado para melhorar a experiência do usuário e a percepção do produto. Esse processo envolveu o redesenho completo da interface da plataforma, com foco em criar uma comunicação visual clara e coerente. Foram utilizadas técnicas de design centradas no usuário (UX/UI), além da incorporação de elementos visuais que destacassem a modernidade e o valor agregado do SUBWEB. O design gráfico foi aplicado para tornar a navegação intuitiva, os

dados acessíveis e as mensagens da marca bem definidas.



Figura 1: Nova identidade visual do SUBWEB.

## Resultados

A implementação de uma nova identidade visual para o SUBWEB resultou em um impacto significativo na experiência do usuário e na percepção da marca. A plataforma passou a transmitir uma imagem mais moderna e profissional, facilitando a comunicação das funcionalidades e benefícios que oferece. Além de melhorar a navegação e a eficiência, o novo design gráfico ajudou a reforçar a identidade do SUBWEB como uma solução confiável e inovadora no campo da engenharia submarina, contribuindo para o fortalecimento da marca e aumentando o valor agregado percebido pelos usuários.

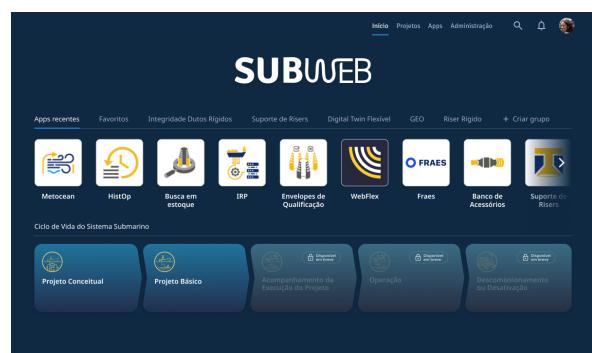


Figura 2: Utilização da nova identidade.

# Implementação de testes end-to-end (E2E) na pipeline de CI/CD para projetos com arquitetura desacoplada

**Marco A. A. Silva** (marco.silva@lccv.ufal.br)

Tiago P. S. Lôbo, Daniel B. F. Silva, Diogo T. Cintra, Samuel W. L. Oliveira

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Testes end-to-end (E2E), Pipeline CI/CD, Selenium

## Introdução

Os testes end-to-end (E2E) são uma estratégia empregada para assegurar que sua aplicação funcione corretamente, verificando a integração de todos os microserviços e componentes que devem operar em conjunto. A pipeline de CI/CD é um conjunto automatizado de processos que permite execução etapas como build, testes e deploy, garantindo que as mudanças no código sejam integradas e disponibilizadas rapidamente. O Selenium é uma ferramenta popular para automação de testes de aplicações web, que permite simular a interação do usuário com a interface, testando funcionalidades e garantindo que tudo funcione como esperado em diferentes navegadores. A implementação de testes E2E com o Selenium na pipeline de CI/CD oferece uma camada adicional de garantia além dos testes unitários, assegurando que a aplicação não só funcione corretamente em partes isoladas, mas também em sua totalidade.

## Metodologia

Os testes E2E foram integrados à pipeline de CI/CD para serem executados automaticamente sempre que um Merge Request é realizado na branch develop, que contém o código do nosso ambiente de desenvolvimento. As etapas da pipeline estão ilustradas na Figura 1. No job end-to-end-tests, as seguintes etapas são executadas: (i) criação da imagem do container a partir do código do Merge Request; (ii) execução de um container com a cópia do banco de dados; (iii) execução dos microsserviços necessários, estabelecendo suas interligações; (iv)

execução dos testes através de um container; (v) remoção dos containers e imagens utilizados. Se algum teste falhar, a pipeline é interrompida, permitindo que o desenvolvedor identifique os testes que não passaram.



Figura 1: Ilustração da pipeline de CI/CD.

## Resultados

A implementação dos testes E2E na pipeline de CI/CD pode ser aplicada a diversos projetos, mesmo com arquitetura desacoplada. Essa abordagem adiciona uma camada extra de qualidade, garantindo que as alterações no código sejam validadas em um ambiente controlado antes de serem integradas ao desenvolvimento compartilhado. O principal benefício dos testes E2E é a capacidade de verificar o funcionamento da aplicação como um todo, simulando interações reais do usuário e assegurando que todos os componentes e microsserviços se integrem corretamente. Ao detectar falhas antes que haja o merge do código, essa prática previne que erros impactem o ambiente de desenvolvimento, promovendo uma entrega contínua mais segura e eficiente.

# Aprimorando a Experiência de Usuário do Portal NavalWeb com a Criação de Guias de Usuário, Vídeos Tutoriais e Atualização de Documentos

**Leonardo C. Nascimento** (leonardo.nascimento@ctec.ufal.br)

Daniel B. F. Silva, Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Gabriel C. Freitas, Isabela G. Siqueira, Kevin T. L. M. Souza, Lucas Diego F. Lino, Tiago P. S. Lôbo

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

Duração: 60 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Guias de Usuário, Portal NavalWeb, Engenharia Naval

## Introdução

Uma documentação clara e bem organizada é essencial para garantir a eficiência e o uso adequado de sistemas complexos, especialmente no contexto de soluções tecnológicas e de transformação digital voltadas à engenharia. Este trabalho aborda a criação e atualização de diversos elementos de documentação de usuário para o Portal NavalWeb, incluindo guias inéditos e novas versões de documentos pré-existentes das cinco principais aplicações: Explosão, Estruturas, Projetos, Sistemas Navais e Metocean. Os documentos foram desenvolvidos para fornecer orientações detalhadas, facilitando a navegação e o entendimento das funcionalidades de cada aplicação.

## Metodologia

Para garantir a flexibilidade e a portabilidade da documentação, os guias de usuário foram elaborados utilizando a linguagem de marcação Markdown, um formato amplamente reconhecido para documentação técnica. Além dos guias, foram produzidos vídeos tutoriais para a aplicação Sistemas Navais, proporcionando uma abordagem visual e prática (ver Figura 1). Adicionalmente, atualizou-se a documentação do guia de criação de modelo de relatório de Sistemas Navais, oferecendo instruções para que o usuário possa criar e adequar seu modelo de relatório, o qual viabilizirá a geração

automática de relatórios dos sistemas navais pela aplicação.

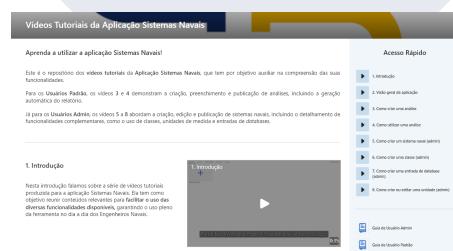


Figura 1: Vídeos Tutoriais da Aplicação Sistemas Navais.

## Resultados

A implementação dos novos materiais de documentação resultou em uma significativa melhoria na experiência dos usuários do Portal NavalWeb. A inclusão de vídeos tutoriais para a aplicação Sistemas Navais facilitou o entendimento das funcionalidades complexas. Além disso, a criação e atualização dos guias de usuário das aplicações ofereceram orientações detalhadas e estruturadas para o usuário. O guia de Sistemas Navais se destacou por sua profundidade, fornecendo orientações tanto para usuários padrão

quanto para administradores (ver Figura 2). Essa abordagem integrada contribuiu para a redução de erros operacionais e um melhor aproveitamento das aplicações do Portal NavalWeb.



Figura 2: Guias de Usuário da Aplicação Sistemas Navais.

# Uma Ferramenta No-Code para a Transformação Digital de Processos em Constante Evolução

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

Eduardo S. S. Silveira, Tiago P. S. Lôbo, Christian C. Oliveira, Daniel B. F. Silva, Gabriel C. Freitas, André L. L. S. Lima, Igor Jablausky

## Projeto de P&D

Duração: 30 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização de Design, Sistemas Marítimos, Automação de Fluxo de Trabalho

## Introdução

Este trabalho apresenta uma ferramenta inovadora de no-code voltada para a transformação digital (TD) de processos em constante evolução, típicos em fluxos de trabalho básicos e operacionais na indústria de petróleo e gás. A TD otimiza as operações ao integrar soluções com ferramentas numéricas legadas, dados existentes e outros sistemas corporativos, tornando-os mais eficientes e responsivos. Apesar dos avanços, a otimização dos fluxos de engenharia continua pouco atendida devido à complexidade e à natureza em constante evolução dos processos e demandas. O desenvolvimento de ferramentas adaptáveis a esses processos é desafiador; ferramentas tradicionais podem rapidamente tornar-se obsoletas ou falhar em atender às necessidades emergentes, enquanto soluções abrangentes geralmente são custosas e demoradas. Para enfrentar esses desafios, desenvolvemos uma ferramenta inovadora que facilita a TD, permitindo que engenheiros, independentemente de suas habilidades técnicas, criem, compartilhem e atualizem aplicações digitais personalizadas definindo apenas suas entradas e saídas.

## Metodologia

Para suportar essas capacidades avançadas, a plataforma no-code fornece uma biblioteca de ferramentas pré-definidas que podem realizar tarefas como conectar-se a diversos conjuntos de dados, extrair informações de arquivos não estruturados e gerar relatórios com base nos dados processados. Embora a fase inicial de desenvolvimento possa levar mais tempo em comparação com métodos de codificação tradicionais, a adição subsequente de funcionalidades é significativamente acelerada, pois elimina a necessidade de um ciclo completo de reprogramação e testes.

## Resultados

Este trabalho demonstra a ferramenta no-code desenvolvendo uma aplicação que facilita o design de sistemas marítimos de FPSO. O projeto envolve a concepção de quase trinta sistemas marítimos distintos, cada um exigindo um conjunto único de dados e cálculos, apesar de compartilharem entradas e saídas comuns. A aplicação integra-se perfeitamente a sistemas legados e suporta versionamento, permitindo que modificações nos processos do mundo real sejam rapidamente refletidas sem a necessidade de intervenção de desenvolvedores. Por exemplo, conforme ilustrado na fig. 1, a aplicação permite editar uma

análise, que posteriormente gera um relatório detalhado com os valores de entrada fornecidos pelo engenheiro.

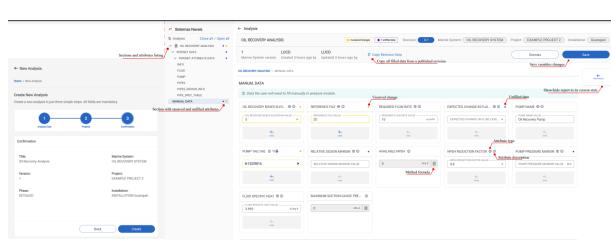


Figura 1: Edição de uma análise para gerar o relatório.

# Desenvolvimento de um webservice para controle centralizado de autenticação e rotas do portal SUBWEB

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

Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Spring cloud gateway, Sutenticação, Webservice

## Introdução

O presente trabalho tem como objetivo a construção de um serviço integrado ao portal SUBWEB responsável pelo controle centralizado de acessos e roteamento. Atualmente os acessos às aplicações do portal não passam por um processo padronizado de autenticação. Cada aplicação implementa suas lógicas próprias de acesso, o que pode eventualmente não estar em conformidade com o padrão de segurança estipulado para o portal. A implementação do serviço de gateway do portal ocorre visando a solução deste problema, uma vez que impõe duas formas de autenticação de requisições e um controle de autorização delegado aos gestores de aplicações.

## Metodologia

O controle de acesso aos módulos do portal é feito através da imposição de um serviço de gateway, que funciona como uma espécie de central de acesso. Todas as requisições com destino aos containers/serviços de aplicações do portal passam pelo gateway antes de serem direcionadas ao seu destino final (ver Figura 1). Isso impõe um mecanismo de segurança de forma global uma vez que o gateway pode checar a validade de todos os acessos, sejam partindo de usuário ou de aplicação, antes mesmo da requisição chegar nos containers de serviços. O webservice responsável pelo papel de controle de rotas foi implementado usando o Spring Cloud Gateway, e as validações de usuário e aplicações são realizadas usando o padrão JWT. A construção do serviço ocorre de maneira integrada

aos serviços de usuário e de autorização da SQUID, bem como ao serviço SUBWEB Core, responsável pelo cadastro de todas as rotas de aplicações. Mecanismos de pré-carregamento (cache) de tabelas de autorização foram utilizados visando melhorias de performance do sistema.

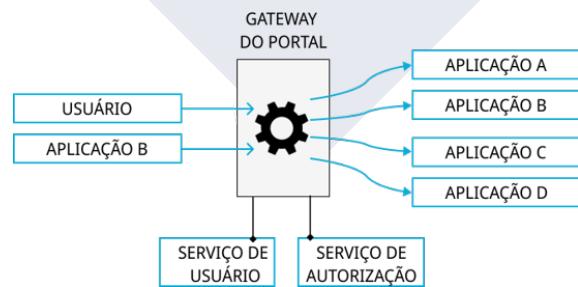


Figura 1: Gateway do portal SUBWEB.

## Resultados

O gateway do portal desenvolvido está em fases de testes no ambiente de desenvolvimento do portal SUBWEB. Por padrão, todas as requisições com destino ao portal precisam ser autenticadas, com exceção de rotas específicas de backend como login e documentação. As rotas com destino a serviços de frontend, que servem apenas conteúdo estático, não passam pelo controle de acesso. Embora a prática de implantação de mecanismos de gateway introduza alguns atrasos nos tempos de requisição das aplicações, ainda não foi possível percebê-los por parte dos usuários. A implantação do gateway em ambiente de produção está sendo planejada e alguns testes neste ambiente também já foram realizados com sucesso.

# Aplicação RiserDataSheet: banco de dados e ferramenta para cálculo de configurações de risers

Tiago P. S. Lôbo (tiago@lccv.ufal.br)

Diogo T. Cintra, Kevin , Christian C. Oliveira, Leilane S. Andrade, Samuel W. L. Oliveira, Aline S. O. Neves, Fábio M. G. Ferreira

## Projeto de P&D

Duração: 6 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Riserdatasheet, Catenária, Banco de dados

## Introdução

Risers são conduítes que servem como o método primário para transporte de óleo e gás. Sendo um dos principais componentes do processo de extração de óleo, seu comportamento é de extrema importância para diversas etapas de projeto, como: análises de interferência de riser, onde se assegura a não colisão entre linhas; e a análise de fadiga, onde se estuda o desgaste que o riser irá sofrer sob condições normais de operação. Neste contexto, calcular a configuração geométrica que um riser irá assumir quando instalado é parte do dia a dia dos engenheiros, e esta informação é transmitida para diferentes setores. A aplicação RiserDataSheet tem como objetivo fornecer uma maneira fácil de, dado uma interligação, calcular a configuração da seção riser e armazenar em um banco de dados centralizado que pode ser consumido tanto por outras aplicações quanto por usuários.

## Metodologia

O software foi desenvolvido em 3 diferentes módulos: frontend, backend e o serviço de catenária. O backend foi desenvolvido em python, com fastapi e sqlalchemy, e contém toda a regra de negócio. O serviço de catenária, responsável pelo cálculo da configuração, é um wrapper, escrito em python, de uma biblioteca C. Por fim, o frontend foi desenvolvido em javascript, utilizando o framework react. Esta aplicação foi a primeira a usar um design em mozaico, onde uma configuração de exibição padrão é dada, mas o usuário final tem total controle de customização das telas.

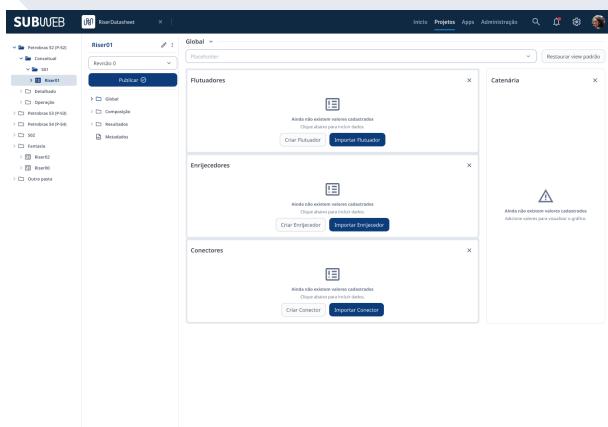


Figura 1: Tela de definições de acessórios na aplicação RiserdataSheet.

## Resultados

A aplicação desenvolvida está em etapa de testes e deve entregar bastante valor a novos projetos complementares e de desenvolvimento da produção. Servindo tanto como uma base de dados, como uma ferramenta para cálculo de configurações, ela irá resolver um problema comum em grandes empresas: segmentação da informação e individualização de processos. Como passos futuros iremos popular o banco de dados com configurações de risers já instalados, e expander suas funcionalidades para incluir acessórios e integrações com bases de dados de dutos rígidos.

# Aplicação IRP: Consolidação de Dados de Plataformas e Balcão de Riser Para a Engenharia Submarina

Fábio M. G. Ferreira (fabio.ferreira@lccv.ufal.br)

Eduardo S. S. Silveira, Eric B. Brito, Diogo P. S. Amorim, Kevin T. L. M. Souza, Mayara T. C. Ribeiro, Samuel T. Santos, Sarah C. Nogueira, Tiago P. S. Lôbo, Walnia Daysiane M. Brito

## Projeto de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Balcão de risers, Suportes de risers, Dados de plataforma

## Introdução

Com o objetivo de organizar e consolidar informações essenciais da plataforma e do balcão de *risers*, a aplicação IRP (Interface Riser-Plataforma) foi desenvolvida, incorporando dados gerais, tabela de offsets, RAO (*Response Amplitude Operator*), ancoragem, guinchos (pull-in) e detalhes dos suportes, como função, ângulo de topo, ângulo local, diâmetro, tipo de suporte e coordenadas de suporte. Projetada para facilitar o acesso e a disponibilização dessas informações em uma única ferramenta, a aplicação IRP promove maior eficiência na gestão dos dados relevantes.

## Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento da aplicação foi estruturada em etapas, começando pela compreensão do problema relacionado ao balcão de *risers* da plataforma. Reuniões com especialistas da companhia foram realizadas para aprofundar o entendimento técnico, resultando em diagramas que classificam os tipos de suporte aplicáveis a *risers* rígidos e flexíveis (Figura 1). Em seguida, um levantamento detalhado de requisitos foi conduzido, focando nas necessidades dos usuários e *stakeholders*, bem como no escopo da aplicação IRP. Esse levantamento forneceu a base para a prototipação das telas da aplicação, que seguiu um processo iterativo de validação com os clientes, permitindo ajustes e melhorias no

design e nas funcionalidades.

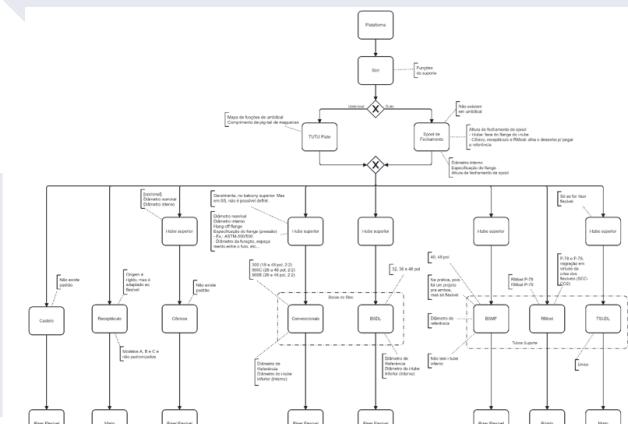


Figura 1: Diagrama de classificação de tipos de suporte.

## Resultados

A primeira versão da aplicação IRP foi disponibilizada em produção no final de dezembro de 2023, permitindo a visualização de uma lista de plataformas da Petrobras em um painel lateral. Ao selecionar uma plataforma, são exibidos dados gerais como tipo, propriedade, posicionamento, lâmina d'água e calado, além de possibilitar o cadastro de dados da tabela de offsets para condições anuais e centenárias. Quando uma plataforma é escolhida, surge um subnível para acesso ao balcão de risers, mostrando uma tabela com dados associados a cada slot, como função, diâmetro e tipo de suporte. A versão também permite cadastrar arquivos de referência e exportar ou importar dados em formato Excel baseado em um template fornecido. O cadastro de dados é restrito a administradores, garantindo a curadoria e a consistência das informações, atualmente existem mais de 15 plataformas com dados cadastrados.

# Banco de Acessórios - Integração de Dados de Acessórios de Risers

**Christian C. Oliveira** (christian.oliveira@lccv.ufal.br)

Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo, Diogo P. S. Amorim

## Projeto de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Acessórios de Riser, Base de dados integrada

## Introdução

Risers são componentes fundamentais na produção offshore de petróleo e gás, conectando poços submarinos às instalações de superfície. O desempenho e a segurança desses sistemas dependem não apenas dos próprios segmentos de riser, mas também de uma série de acessórios que garantem sua funcionalidade e integridade estrutural. Acessórios como conectores, flutuadores e enrijecedores desempenham papéis críticos à estabilidade e à proteção dos risers. O gerenciamento eficiente de dados relacionados a esses acessórios é essencial para as aplicações de engenharia que projetam, analisam e mantêm sistemas de risers. A aplicação "Banco de Acessórios" foi desenvolvida com o objetivo de centralizar essas informações, facilitando o acesso e a integração de dados.

## Metodologia

Com a atualização mais recente, o "Banco de Acessórios" expandiu seu escopo para incluir uma gama mais ampla de acessórios para risers: vértebras bipartidas, colares de hang-off, colares batentes, braçadeiras batentes, colares de ânodo, colares de pull-in, colares de ancoragem e colares de peso morto. Cada um desses itens é vital para as operações de risers, contribuindo para aspectos como instalação e estabilidade estrutural. Além disso, a aplicação agora se integra com o "Banco de Estruturas", que diz respeito à estrutura de um riser flexível – suas camadas, propriedades físicas e características geométricas. Essa integração permite que os usuários associem acessórios a estruturas compatíveis, fornecendo informações mais abrangentes para as aplicações

de engenharia. A disponibilidade desses dados integrados confere confiabilidade ao gerenciamento de dados em outras aplicações do Portal SubWEB, como "RiserDatasheet", "Lista de Materiais" e "Busca em Estoque", otimizando o fluxo de trabalho e os processos de tomada de decisão.

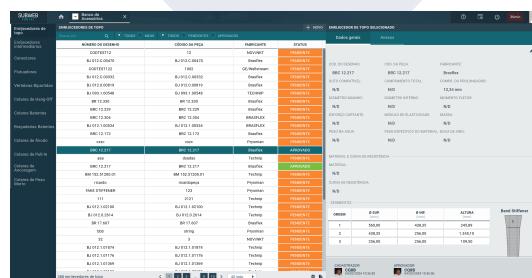


Figura 1: Home screen of Banco de Acessórios.

## Resultados

O avanço do "Banco de Acessórios" resultou em um banco de dados mais abrangente e integrado, capaz de disponibilizar informações detalhadas sobre os acessórios e suas respectivas estruturas de risers. Isso permite que os engenheiros tenham acesso a dados precisos e atualizados, fundamentais para o planejamento de projetos, realização de análises e gestão de materiais. A integração com o "Banco de Estruturas" amplia a robustez das informações disponíveis. Como consequência, aplicações como "RiserDatasheet", "Lista de Materiais" e "Busca em Estoque" operam com maior eficiência e confiabilidade. Essa abordagem integrada favorece a redução de erros e reforça consistência nos processos de engenharia associados.

# Banco de Estruturas: refatoração, migração e garantia de retrocompatibilidade com aplicações consolidadas

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

Marlos F. Barbosa, Walisson J. L. Araújo, Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** API, Compatibilidade reversa, Gestão de dados

## Introdução

A gestão eficiente de dados é crucial para o desenvolvimento de aplicações que visam aumentar a eficiência no gerenciamento de projetos na indústria de petróleo e gás. Grande parte desses dados é disponibilizada por APIs, que exigem manutenção constante para garantir sua operação adequada. Este projeto teve como objetivo realizar manutenção em um serviço do Portal SUBWEB chamado Banco de Estruturas. Ele é capaz de ler dados de uma ferramenta agregadora de dados de estruturas de dutos flexíveis, atualmente descontinuada, e transmitir as informações relevantes através de uma API Web. Foi necessária a migração para uma nova ferramenta que expõe os mesmos dados em um esquema diferente. O desafio desta atividade foi realizar essa migração garantindo a retrocompatibilidade da API do serviço Banco de Estruturas e essa alteração, dessa forma, se tornar transparente para as aplicações consumidoras desta API.

## Metodologia

O JSON é um formato de dados amplamente utilizado para a transmissão e organização de dados. A refatoração do Banco de Estruturas começou pela análise do esquema do JSON exposto por sua própria API, seguida pela análise dos dados fornecidos pela nova ferramenta, que substituiu a descontinuada. Com base nisso, foram desenvolvidos conversores para os diferentes tipos de dados recebidos, permitindo transformar o esquema dos dados da nova ferramenta para o esquema atual do JSON da API do Banco de Estruturas, mantendo a compatibilidade das aplicações consumidoras do serviço. Assim, o Banco de Estruturas manteve em sua API os dados no mesmo esquema anterior. Além disso, foram

implementados testes unitários e de integração para garantir que a implementação do serviço vai permanecer seguindo as regras de negócio estabelecidas.

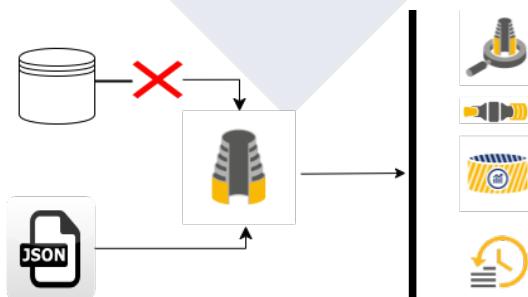


Figura 1: Migração da origem dos dados.

## Resultados

O resultado dessa atividade foi a manutenção de um serviço funcional (Banco de Estruturas), migrando a origem dos dados de estruturas de dutos flexíveis de uma ferramenta descontinuada para uma nova, e transmiti-los no esquema JSON necessário para garantir a retrocompatibilidade com as aplicações que consumiam tais dados no Portal SUBWEB. A existência e a refatoração do Banco de Estruturas permitiram a migração da fonte de dados de uma ferramenta para outra sem a necessidade de alteração nas aplicações consumidoras desses dados, conectadas a esse ecossistema.

# Análise de Cargas Extremas para Suportes de Risers Defeituosos

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

Eduardo S. S. Silveira, Fábio M. G. Ferreira, Tiago P. S. Lôbo

## Projeto de P&D

Duração: 3 meses (Finalizado)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Suportes de Risers, Integridade Estrutural, Avaliação de Risco

## Introdução

Os risers conectam-se à Unidade Estacionária de Produção (UEP) por meio dos Suportes de Risers, localizados nas extremidades superiores dos risers. Esses suportes fixam os risers ao *Riser Balcony*, e desempenham um papel crucial na estabilidade e funcionalidade de todo o sistema. Devido ao movimento natural da plataforma e dos próprios risers, os Suportes de Risers sofrem cargas significativas de flexão, cisalhamento e tração, podendo se degradar com o tempo e gerar defeitos que comprometem sua capacidade de suportá-las. Uma nova funcionalidade agora permite simulações de cargas extremas em Suportes de Risers com defeitos estruturais, auxiliando na avaliação de riscos e previsão de falhas em suportes comprometidos.

## Metodologia

A metodologia para essa nova funcionalidade é a seguinte: o usuário administrador da aplicação pode criar um novo tipo de modelo de suporte, especificamente designado como defeituoso (fig. 1).

Durante esse processo, o administrador deve carregar uma base de dados contendo valores de extensão de furo,  $\theta$ , e espessura remanescente,  $e$ , correspondentes aos pares momento,  $M$ , e força de cisalhamento,  $C$ . Além disso, o grupo de pesquisa GMAP da UFRGS desenvolveu um código que permite a aplicação gerar um envelope de integridade com base nos pares especificados ( $e, \theta$ ). Esse envelope define duas zonas: uma

região de aceite, onde não ocorre falha, e uma região de incerteza, crítica, mas onde a falha é incerta.

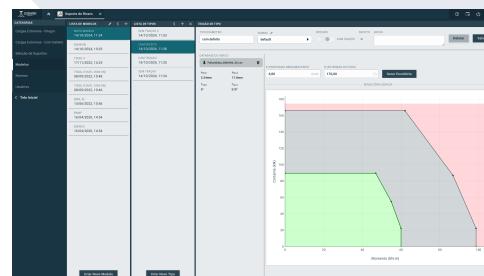


Figura 1: Criação de um tipo de modelo defeituoso.

## Resultados

Um novo módulo para análise de tipos de modelo defeituosos foi desenvolvido. Ao inserir o par  $(e, \theta)$ , o envelope de integridade é gerado usando o código do grupo GMAP, e os valores de  $M$  e  $C$  são usados para calcular o ponto operacional, indicando a carga atual sobre a peça. Fatores de utilização são então calculados para as regiões de aceite e de incerteza com base nesse ponto (fig. 2). Essa análise ajuda os engenheiros a avaliar o impacto dos defeitos, permitindo melhores estratégias de manutenção e medidas preventivas, reduzindo o risco de falhas e minimizando os custos de reparo.

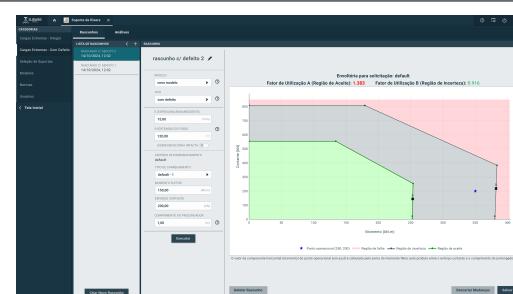


Figura 2: Resultados da análise de carga extrema para modelos defeituosos.

# Eficiência no Gerenciamento de Produtos em Engenharia Submarina: Implementação de um Portal de Documentação SUBWEB

**Mirian F. Siqueira** (mirian.siqueira@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Eduardo S. S. Silveira

## Projeto de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PDIDP/ESUB/TDUT, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Gerenciamento de produtos, Documentação Portal SUBWEBS, Engenharia Submarina

## Introdução

No contexto desafiador da engenharia submarina, inovação e eficiência são essenciais para o desenvolvimento seguro dos softwares dos projetos SUBWEB. A complexidade e os riscos desse ambiente ressaltam a importância de um gerenciamento de produtos eficaz, preciso, rastreável e adaptável. Este estudo explora a criação de um Portal de Documentação dos Produtos, uma plataforma inovadora para atender às exigências da engenharia submarina no Portal SUBWEB. O portal centraliza e organiza a documentação técnica, oferecendo uma interface acessível para profissionais de diversas disciplinas. Ao aprimorar a comunicação e colaboração, busca

otimizar a eficiência operacional, reduzir erros e gerar mais valor na Engenharia Submarina.

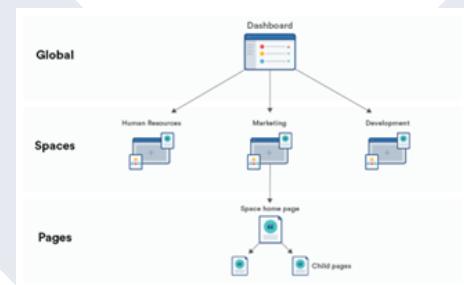


Figura 1: Espaços dos principais processos dos produtos do projeto SUBWEB.

## Metodologia

A metodologia adotada se baseia em implementar um Portal de Documentação dos Produtos, otimizando processos na engenharia submarina e melhorando a eficiência operacional. Para atendimento ao objetivo os principais marcos foram divididos em quatro macro etapas: 1) Planejamento e Definição de Requisitos; 2) Definição da Estruturação do Portal; 3) Desenvolvimento de Conteúdo e Documentação; 4) revisão e Validação; 5) Treinamento e Capacitação da Implementação; 6)

Lançamento, Monitoramento e Melhoria Contínua e 7) Avaliação de Impacto.

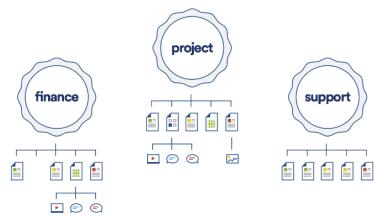


Figura 2: Visão geral das permissões de espaço.

## Resultados

O Portal de Documentação fornecerá o suporte adequado às decisões operacionais que visam melhorar a ciência e segurança dos processos e rastreabilidade de informação dos produtos. Além de proporcionar redução de custos à retrabalhos e correções no desenvolvimento de software das aplicações do portal SUBWEB.

# **Geomecânica Computacional**

# Geração de modelos de escorregamento submarino considerando múltiplas camadas estatigráficas

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

Tiago P. S. Lôbo, Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Jr., Ricardo G. Borges

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais, Geração de pontos

## Introdução

No contexto de deslizamentos, a estratigrafia do fundo marinho desempenha um papel crucial na determinação da estabilidade de taludes submarinos. Camadas sedimentares diferentes, cada uma com comportamento mecânico distinto, podem influenciar significativamente o disparo e propagação de um deslizamento. A representação precisa dessas camadas dentro de um modelo numérico é essencial para simulações confiáveis. No entanto, surgem desafios na geração de um modelo que capture fielmente as geometrias complexas e as propriedades constitutivas dessas camadas estratigráficas. Este estudo propõe uma metodologia para gerar pontos materiais em um domínio composto de múltiplas camadas estratigráficas.

## Metodologia

Considere  $n$  superfícies, em que cada é definida por um conjunto de pontos e representa o limite superior de uma camada estratigráfica, ordenadas do leito marinho à camada mais profunda. Utilizando um grid regular, um ponto pode ser mapeado em uma célula, que deve armazenar a coordenada  $z$  máxima correspondente estimada para cada camada. Para a discretização do domínio, é utilizada uma malha de elementos finitos regulares, e com as coordenadas  $z$  superiores mapeadas para as células, é possível determinar se qualquer ponto avaliado ( $x, y, z$ ) pertence ao domínio e a camada estratigráfica à qual ele

pertence comparando  $z$  com os valores  $z_k^{(i,j)}$ .

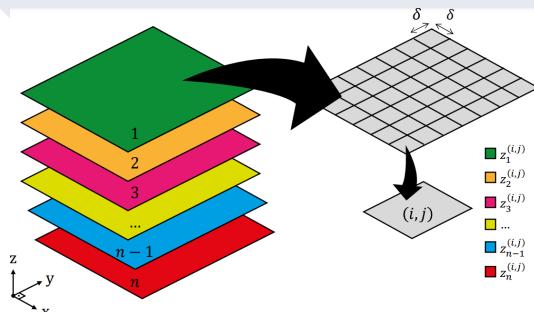


Figura 1: Mapeamento das coordenadas  $z$  de topo de cada camada para o grid regular.

## Resultados

Foi considerado um estudo de caso de um modelo sintético com seis camadas, cada uma representada por 1.600 pontos. As superfícies das camadas foram geradas por interpolação espacial dos pontos, e as geometrias correspondentes foram criadas por extrusão de cada superfície até a camada subsequente. Para a camada mais profunda, assumiu-se uma profundidade de extrusão específica. Com a malha de fundo adotada, a metodologia proposta gerou aproximadamente 1.070.000 pontos materiais.

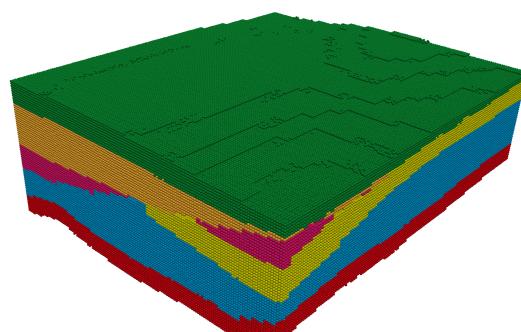


Figura 2: Pontos materiais gerados para o estudo de caso.

# Desenvolvimento da Interface para Geração de Modelos de Deslizamento Submarinos

**Christian F. Ruff** (christian.ruff@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Jr., Luciana C. L. M. Vieira, Ricardo A. Fernandes, Leonardo T. Ferreira, Rayner S. Lima, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos Submarinos, Método dos Pontos Materiais, Software Assistente

## Introdução

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação que, utilizando dados batimétricos, oriente o engenheiro através do processo de criação de um modelo de deslizamento submarino. Tal modelo é então utilizado como dado de entrada em simulações para o estudo de tais deslizamentos. O objetivo do assistente (Figura 1), é simplificar os parâmetros numéricos, automatizando e otimizando escolhas de modelos inerentes ao método computacional, permitindo que o engenheiro se concentre no problema físico ao invés dos detalhes numéricos.

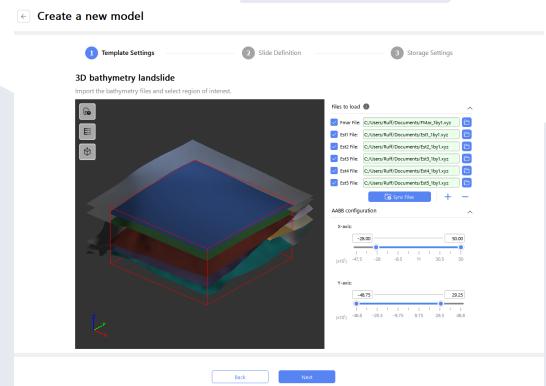


Figura 1: Tela de seleção de batimetrias do assistente.

## Metodologia

O software foi desenvolvido utilizando a linguagem C++, utilizando Qt como framework de criação da interface gráfica e OpenGL para vizualização dos dados batimétricos e geometrias de seleção de regiões de interesse e superfície crítica. A aplicação possui telas para criação de novos modelos e seleção de templates que facilitam a criação de tais modelos. Além disso, também possui ferramentas que facilitam a visualização e seleção da região de interesse e da região deslizante (superfície crítica). Na Figura 2 podemos ver a tela de seleção da superfície crítica.

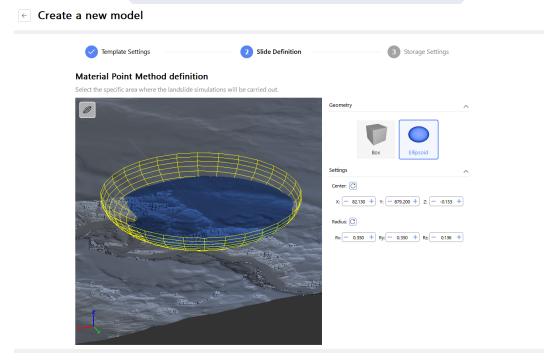


Figura 2: Tela de seleção de superfície crítica.

## Resultados

Uma interface amigável pode aumentar consideravelmente a experiência do usuário. O software proposto neste projeto simplifica os parâmetros numéricos, automatizando e otimizando as escolhas de modelos inerentes ao método computacional. Ser capaz de selecionar a região de interesse e a superfície de deslizamento crítico de arquivos de batimetria multicamadas pode melhorar significativamente a usabilidade do software, tornando-o mais eficiente ao usuário.

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

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

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

## Atividade de P&D

Duração: 12 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais, Simulação Numérica

## Introdução

A demanda da indústria por simulações numéricas tem crescido anualmente em virtude da evolução do hardware dos computadores, que torna possíveis simulações cada vez mais detalhadas e complexas. As ferramentas numéricas são particularmente úteis para situações nas quais as soluções analíticas e experimentais são indisponíveis ou limitadas. Assim, são uma ferramenta poderosa para a análise de fenômenos como os escorregamentos submarinos. Esses fenômenos são frequentemente acompanhados de grandes deslocamentos e deformações. Portanto, a solução escolhida deve estar equipada para lidar com esse tipo de comportamento. O Método dos Pontos Materiais de Interpolação Generalizada (GIMP) une as melhores características dos métodos de malha e dos de partículas ao combinar uma malha de fundo fixa com pontos materiais que armazenam os dados cinemáticos, evitando distorção de malha e favorecendo a simulação de grandes deslocamentos e deformações. Usando esse método, desenvolveu-se e testou-se a metodologia simplificada para a simulação de escorregamentos submarinos.

## Metodologia

A metodologia simplificada consiste de 6 passos: levantamento de campo, em que se adquirem os dados para o modelo de elevação digital; seleção de uma subregião de interesse, reduzindo o custo computacional da simulação; criação de modelo geométrico tridimensional (Figura 1); seleção da superfície de ruptura – geralmente a partir de um elipsoide – e dos dados dos materiais; geração do modelo do GIMP, seguida de sua simulação.

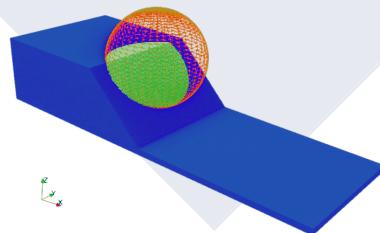


Figura 1: Elipsoide intersecta a superfície de ruptura.

## Resultados

O usuário final deve especificar a duração da simulação. Durante esse tempo, o comportamento do solo selecionado a partir da superfície de ruptura será observado. Conforme mostram os resultados (Figura 2), com os parâmetros adotados nesta simulação (com modelo de fluido de Herschel-Bulkley), o solo da superfície de ruptura é mobilizado sobre o solo intacto. Particularmente nessa simulação, após 5s, a velocidade já se aproximava de 0, indicando que esse tempo foi suficiente para dissipar a maior parte da energia cinética do solo.

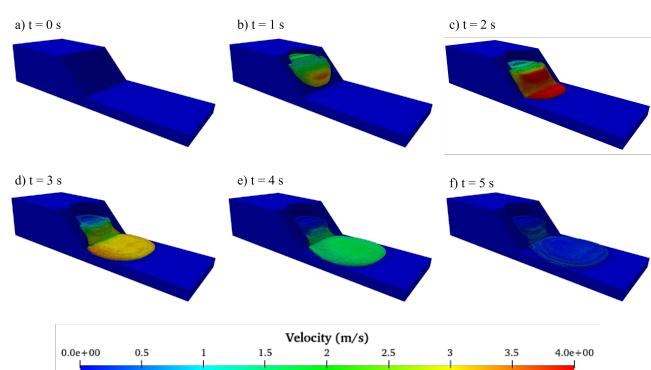


Figura 2: Velocidade do solo mobilizado no tempo.

# Investigações e estudos de técnicas e implementações presentes na literatura - O Clube do Paper

**Frederico S. Passos** (frederico.passos@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Jr., Luciana C. L. M. Vieira, Christian F. Ruff, Leonardo T. Ferreira, Lorran F. Oliveira, Lucas Diego F. Lino, Ricardo A. Fernandes, Tiago P. S. Lôbo

## Atividade de P&D

Duração: 38 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Revisão de Literatura, Método científico, Técnicas e implementações

## Introdução

O método científico baseia-se na construção do conhecimento apoiado em fundamentos que precedem o desenvolvimento de novas técnicas. A fim de buscar melhorias de performance e resultados mais precisos, é essencial que estejamos sempre atualizados com as produções científicas apresentadas em periódicos indexados e revisados por pares e confrontar o que já está estabelecido com as inovações que surgem a todo o instante. Nesse contexto surgiu a reunião periódica: "Clube do Paper", inspirado em modelos de "Clubes de Livros", onde resultados publicados na literatura são discutidos de forma crítica e direcionada para problemas reais do projeto.

## Metodologia

A atividade segue uma lógica cíclica, um membro do grupo é designado a selecionar na literatura um trabalho que esteja alinhado com os interesses do projeto e disponibiliza o manuscrito para os outros integrantes. Após um período de leitura individual, o grupo se reúne para discutir os pontos principais desse trabalho, realizar uma análise crítica e metodológica, e explorar as nuances do trabalho e implicações para o projeto. Alcançada a exaustão da discussão, outro colega é escolhido para selecionar um novo artigo e dessa forma o ciclo é feito mantendo a equipe, como um todo, atualizada com as pesquisas recentes e novas ideias são geradas e implementadas nos softwares do projeto.

## Resultados

O clube teve início em Setembro até o momento foram discutidos **quatro** artigos:

1. Zinan Ara Urmı, Alba Yerro, Ali Saeidi, Rama Vara Prasad Chavali, **Prediction of retrogressive landslide in sensitive clays by incorporating a novel strain softening law into the Material Point Method**, *Engineering Geology*, Volume 340, 2024, 107669.
2. Wei Zhang, Zhengzhou Wu, Chong Peng, Shuai Li, Youkou Dong, Weihai Yuan, **Modelling large-scale landslide using a GPU-accelerated 3D MPM with an efficient terrain contact algorithm**, *Computers and Geotechnics*, Volume 158, 2023, 105411.
3. Bin Wang, Philip J. Vardon, Michael A. Hicks, Zhen Chen, **Development of an implicit material point method for geotechnical applications**, *Computers and Geotechnics*, Volume 71, 2016, Pages 159-167.
4. Alban de Vaucorbeil, Vinh Phu Nguyen, Christopher R. Hutchinson, **A Total-Lagrangian Material Point Method for solid mechanics problems involving large deformations**, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Volume 360, 2020, 112783.

As discussões mostraram boas perspectivas para o uso de um almanaque das técnicas estudadas e que possam ser de grande valia para os projetos futuros da equipe.

# Desenvolvimento de uma API para a criação e manipulação de geometrias tridimensionais para o ESub3D

**Lorran F. Oliveira** (lorran.oliveira@lccv.ufal.br)

Luciana C. L. M. Vieira, Adeildo S. Ramos Jr., Tiago P. S. Lôbo, Leonardo T. Ferreira, Ricardo A. Fernandes

## Atividade de P&D

Duração: 36 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** ESub3D, Escorregamentos submarinos, Método dos Pontos Materiais

## Introdução

O ESub3D é um software de simulação numérica que utiliza o Método dos Pontos Materiais (MPM) para modelar escorregamentos submarinos. As simulações requerem dados de entrada compostos por um conjunto de partículas que discretizam os domínios dos modelos. Para facilitar a criação e manipulação desses domínios, foi desenvolvida a Geofactory, uma API projetada para definir os domínios a serem discretizados pelo gerador de partículas. Uma das principais aplicações da Geofactory é a geração de geometrias que representam volumes de solo a partir de dados batimétricos.

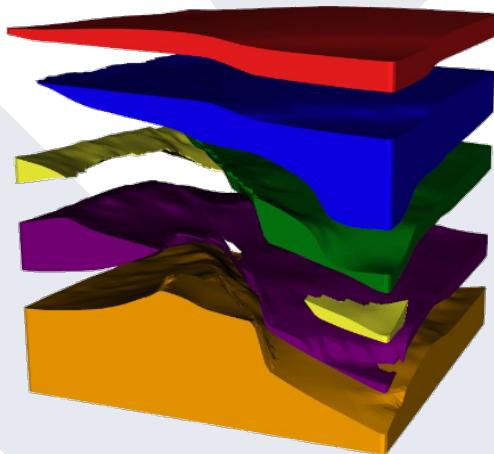


Figura 1: Geometrias geradas pelo Geofactory a partir das batimetrias de um solo com múltiplas camadas.

## Metodologia

A Geofactory foi desenvolvida para simplificar o processo de geração de geometrias a serem discretizadas pelo gerador de partículas. Para a manipulação de malhas tridimensionais, utiliza-se a biblioteca de geometria computacional CGAL. A API inclui um visualizador implementado com o Vedo, expondo ao usuário diversas funcionalidades do VTK. Escrita em Python e C++, com integração feita pelo nanobind, a geofactory combina a simplicidade de uma interface amigável com alto desempenho.

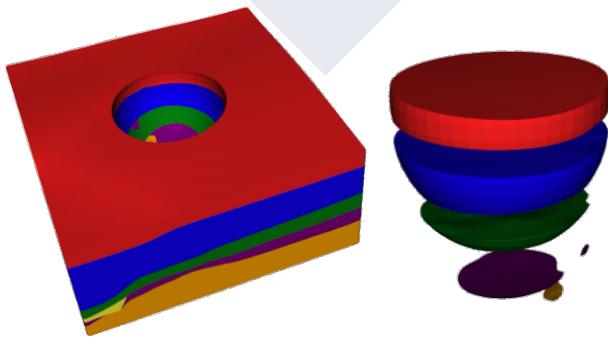


Figura 2: Geometrias resultantes da intersecção de uma esfera representando uma região de escorregamento.

## Resultados

Com a Geofactory, os processos de geração e manipulação de geometrias tridimensionais tornam-se mais flexíveis e eficientes, facilitando a criação de modelos complexos para as simulações no MPM. Essas capacidades estabelecem a Geofactory como uma ferramenta indispensável no ecossistema do ESub3D.



# Modelagem computacional de linhas de ancoragem e de produção

# CatDyn: Modelo de simulação estática e dinâmica para linhas de ancoragem

Milton M. G. Santos (milton.santos@ctec.ufal.br)

Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 20 meses (Finalizado)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem, Catenária, Desempenho computacional

## Introdução

A atividade em questão visa desenvolver um modelo de simulação de linhas de ancoragem em configuração catenária (ver Figura 1). O modelo *CatDyn* utiliza soluções analíticas que, de forma iterativa, incorporam os efeitos dinâmicos do ambiente marítimo. Desse modo, objetiva-se dispor um novo modelo intermediário que alie as melhores características dos modelos baseados no Método dos Elementos Finitos (MEF) e de avaliação estática de catenária: resultados consistentes com o problema físico e maior desempenho computacional, respectivamente.

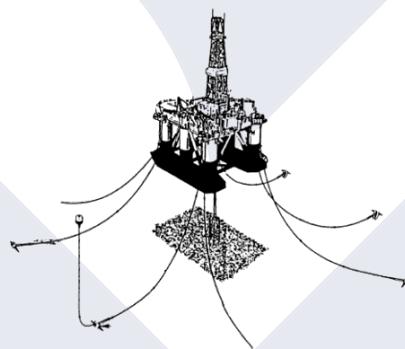


Figura 1: Sistema de linhas de ancoragem.

## Metodologia

O modelo *CatDyn* atua calculando as configurações estáticas para linhas de ancoragem a cada passo de convergência, para análises estáticas, e de tempo, para análises dinâmicas, especificadas com base nos vínculos da âncora e do *fairlead*. Posteriormente, analisando a cinemática experimentada por cada ponto material da linha devido à corrente marítima e ao movimento do *fairlead*, as forças dinâmicas são estimadas discretamente utilizando a formulação de Morison e incorporadas como cargas distribuídas em seus respectivos segmentos da linha. Este processo recompõe as ações atuantes da formulação

implementada e atualiza o comportamento mecânico da linha de acordo com a sua interação com o ambiente marítimo.

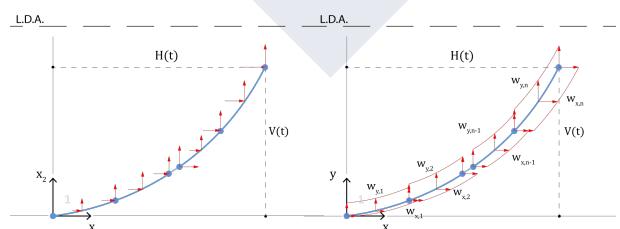


Figura 2: Ações dinâmicas e sua incorporação como cargas distribuídas nos segmentos da linha de ancoragem.

## Resultados

Ao verificar o modelo *CatDyn*, comparando seus resultados com os do framework DOOLINES, observou-se paridade em análises estáticas com ou sem corrente marítima, bem como boa precisão em cenários de linhas de ancoragem em que o *fairlead* é excitado com velocidades e acelerações de baixa intensidade e em cenários de águas rasas. Nestes cenários, o modelo obteve resultados com erros relativos máximo e médio de até 10% e 1%, respectivamente, com tempos de simulação reduzidos em até 70%. Entretanto, cenários que envolvem cinemáticas elevadas e águas profundas podem aumentar substancialmente os erros, limitando a representatividade do modelo a águas rasas.

# Análise de Fadiga em Elos de Corrente de Ancoragem Offshore Tensionados em Superfícies Curvas

**Evilly R. H. Silveira** (evilly.silveira@ctec.ufal.br)

Fábio José C. Silva Filho, Michele A. L. Martins, Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Análise de fadiga, Ancoragem offshore, Superfície curva

## Introdução

O sistema de ancoragem é um componente crítico de plataformas flutuantes que operam em águas profundas e ultraprofundas, exigindo rigor no projeto devido aos altos custos de reparo por falhas, frequentemente causadas por danos por fadiga. Apesar de muitos estudos na área, o impacto de superfícies curvas no comportamento dos elos da corrente é frequentemente negligenciado. Normalmente, o procedimento adotado para estimativa da fadiga não considera o efeito de objetos em contato com o conjunto de elos, conforme observado no método apresentado pela Bureau Veritas. Nesse contexto, utilizando a Análise de Elementos Finitos (FEA), este estudo analisa os efeitos de superfícies curvas não ranhuradas na vida útil à fadiga de elos de corrente de ancoragem *offshore* tensionados.

## Metodologia

Um modelo simplificado de um conjunto de elos de corrente com uma superfície curva foi desenvolvido no ABAQUS CAE. Este conjunto compreende uma superfície curva, três elos de corrente completos e dois semi-elos que marcam o início e o fim da corrente, conforme representado na Figura 1. O modelo incorpora propriedades de contato normal e tangencial e a sequência de carga aplicada é organizada em duas fases: fabricação e operação. Com relação à malha de elementos finitos para os elos da corrente, os elementos C3D8R foram utilizados, enquanto a superfície curva foi discretizada com elementos quadriláteros rígidos (R3D4).

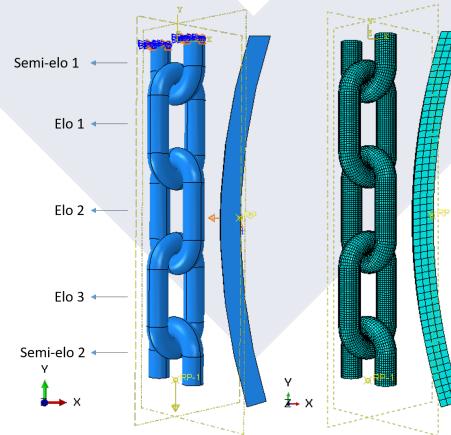


Figura 1: Módulo de modelagem: Montagem e Malha.  
Fonte: Autor.

## Resultados

Resultados preliminares demonstram que superfícies curvas afetam substancialmente a distribuição de tensões nos elos da corrente de ancoragem e os Fatores de Concentração de Tensão (FCTs) correspondentes, conforme ilustrado na Figura 2. As descobertas revelam que ignorar a interação entre os elos da corrente e superfícies curvas na análise de fadiga pode resultar em uma representação imprecisa da condição de operação.

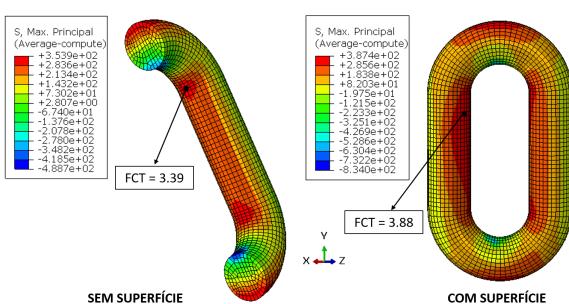


Figura 2: Distribuições de tensões e FCTs. Fonte: Autor.

# Desenvolvimento de módulo de otimização para sistemas de ancoragem

Gabriel R. Domingos (gabriel.domingos@lccv.ufal.br)

Adeildo S. Ramos Jr., Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: CENPES/PETROBRAS, PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Otimização, Sistemas de ancoragem, Estruturas offshore

# Introdução

Esta atividade tem como objetivo a construção de uma ferramenta para auxiliar o profissional a projetar sistemas de ancoragem. A ideia da ferramenta é viabilizar a mudança de um paradigma de projeto, atualmente baseado em experiência e sensibilidade do profissional, para uma abordagem baseada em otimização.

## Metodología

A ferramenta utiliza algoritmos de otimização para buscar soluções viáveis para o projeto, utilizando informações da dinâmica das linhas provenientes do software Dynasim, buscando o objetivo definido pelo usuário. Os parâmetros da otimização podem ser controlados pelo usuário através do modelo estrutural de entrada, e de arquivo JSON. Os arquivos de saída são os modelos otimizados e resultados sobre o histórico da simulação, de forma que o usuário é capaz de realizar suas próprias análises a posteriori. Em uma fase posterior, em parceria com o laboratório TecGraf, da PUC-RJ, será desenvolvida uma interface gráfica para auxiliar o projetista ainda mais na

calibração de parâmetros e obtenção de dados.

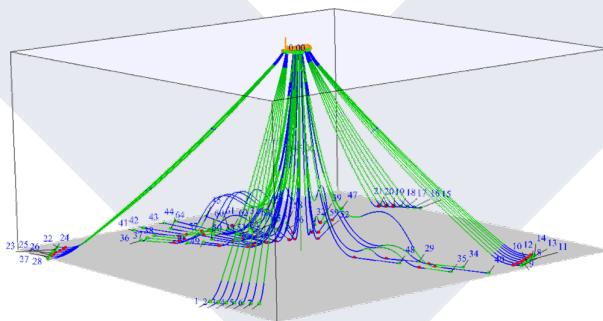


Figura 1: Modelo onde uma das trações máximas não atendia aos critérios envolvidos.

## Resultados

A fase atual de desenvolvimento está na disponibilização de um executável, compilado na linguagem C++. Um template de otimização já foi aplicado a vários cenários reais e foi capaz de resolver os problemas propostos: reposicionar uma plataforma em operação, projetar um sistema de ancoragem do zero, retirar linhas do modelo e encontrar novas soluções viáveis sem o uso das linhas removidas, entre outros. Isso mostra a versatilidade da ferramenta, e o leque de opções que pode ser aberto para o profissional, que pode dedicar sua experiência a calibrar somente os pontos de partida da otimização, e deixar a realização de ajustes minuciosos ser feita de forma

automática pelo algoritmo de otimização.

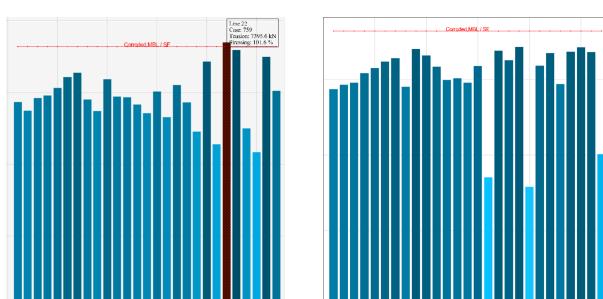


Figura 2: Distribuição de trações máximas nas linhas antes e depois da otimização (barra em vermelho significa tração que excede o limite seguro).

# Melhoria da performance da simulação numérica de linhas de ancoragem

Milton M. G. Santos (milton.santos@ctec.ufal.br)

Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem, Estruturas submarinas, Desempenho computacional

## Introdução

A atividade em questão consiste no estudo e implementação de novas ferramentas e metodologias para a simulação de linhas de ancoragem com maior eficiência computacional. Em sua primeira frente, têm-se o estudo e implementação de novos algoritmos de integração temporal, enquanto a segunda frente consiste no estudo da aplicabilidade de formulações lineares para simular a fase dinâmica final (predominância das parcelas de onda) de sistemas de linhas de ancoragem (ver Figura 1) com algoritmos de integração temporal explícitos e implícitos.

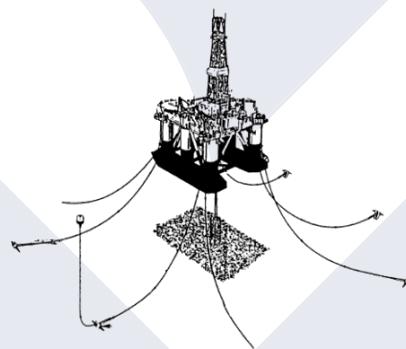


Figura 1: Sistema de linhas de ancoragem.

## Metodologia

Na primeira frente, o estudo referente a algoritmos de integração temporal consiste em uma pesquisa frente à literatura científica visando identificar algoritmos de integração temporal tais que sua eficiência computacional seja superior ao Método Explícito Generalizado  $\alpha$  (MEG- $\alpha$ ), permitindo sua implementação no DOOLINES e conferindo simulações mais rápidas com o mesmo nível de estabilidade e representatividade obtida ao utilizar o algoritmo MEG- $\alpha$ . Em sua segunda frente, a atividade foca na construção de um modelo de elementos finitos fisicamente e geometricamente linear aplicado às linhas de ancoragem, o qual será implementado na análise de sistemas de linhas de ancoragem sobre a predominância de parcelas de ondas, podendo utilizar algoritmos explícitos ou implícitos de integração temporal.

## Resultados

Com a realização da pesquisa na literatura científica, identificaram-se potenciais algoritmos explícitos de integração temporal, de modo que os algoritmos apresentam, em sua literatura-fonte, resultados de redução de tempo entre 20% a 45%. Estes resultados nortearão as futuras investigações dessa atividade, a qual consistirá em implementações e verificações de estabilidade e eficiência dos algoritmos de integração temporal aplicados às linhas de ancoragem.

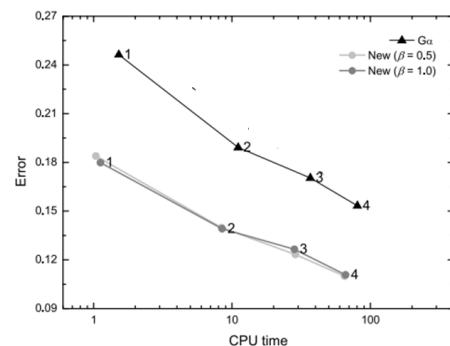


Figura 2: Exemplo de resultados de um algoritmo estudado em relação aos resultados do MEG- $\alpha$ .

# Revisão e adequação da formulação do elemento de viga corrotacional

Wydem L. E. Santos (wydem.santos@ctec.ufal.br)

Heleno P. Bezerra Neto, Eduardo N. Lages

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

Duração: 24 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem e risers, Dinâmica da estrutura, Método dos elementos finitos

## Introdução

O DOOLINES é um *framework* desenvolvido em linguagem orientada a objetos, que possibilita a análise dinâmica não linear, no domínio do tempo, de linhas de ancoragem e *risers*. No DOOLINES, até então, as linhas de ancoragem e os *risers* eram discretizados em elementos finitos unidimensionais que utilizam uma formulação simplificada com seis graus de liberdade (translacionais) por elemento, com a consideração apenas das rigidezes axial e à flexão, quando desejável, sendo essa de maneira indireta. Neste trabalho, incorpora-se à estrutura de classes do DOOLINES um novo tipo de elemento com formulação completa de viga que utiliza a teoria corrotacional, com doze graus de liberdade (translacionais e rotacionais)

por elemento, capaz de representar diretamente as rigidezes axial, à flexão e à torção (ver Figura 1).

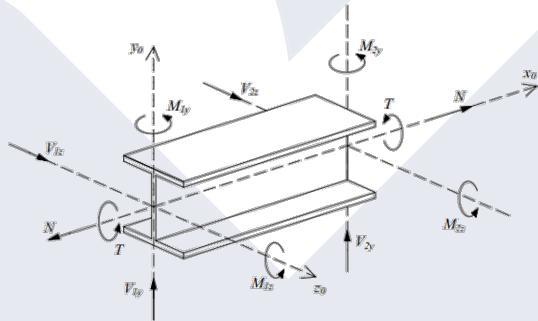


Figura 1: Esforços resultantes.

## Metodologia

O elemento corrotacional está implementado em uma versão descontinuada do DOOLINES. Desta forma, revisa-se a teoria EICR (*Element Independent Corotational Formulation*). Revisa-se, também, o cálculo da matriz de massa concentrada do elemento, visto que o DOOLINES utiliza algoritmos explícitos de integração. Analisa-se, também, o cálculo das forças internas do elemento. Por fim, serão comparados os dois elementos finitos (simplificado e completo), realizando-se testes de convergência e de custo computacional.

## Resultados

Com a revisão e adequação do elemento finito completo de viga, que utiliza a teoria corrotacional, são realizados exemplos para verificação da formulação, mostrando suas potenciais aplicações. Desenvolveu-se a formulação da matriz de massa concentrada do elemento adicionando a contribuição translacional devido às rotações. Considerou-se o engastamento do elemento a partir de três ângulos de rotação (*azimuth*, *declination* e *gamma*) no eixo local do elemento. Durante a análise dos esforços internos, verificou-se a necessidade de mudanças dos eixos nodais e locais, sendo uma das alterações a consideração do eixo local z alinhado com o elemento. A partir dela é considerada a torção inicial do elemento, simulando condições de instalação de *risers*.

# Análise de tensões combinadas em elos de amarras de ancoragem

Fábio José C. Silva Filho (fabio.filho@ctec.ufal.br)  
Evilly R. H. Silveira, Michele A. L. Martins, Eduardo N. Lages

**Atividade de P&D**, Engenharia civil  
Duração: 48 meses (Em andamento)  
Parceiros: PUC-RJ e USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de Ancoragem, Tensões combinadas, Análise de fadiga

## Introdução

As linhas de ancoragem são fundamentais para garantir a estabilidade e segurança de estruturas *offshore*. O objetivo deste projeto é estudar a quantificação adequada dos danos causados por fadiga no topo das amarras, considerando o efeito combinado de tração, flexão no plano e flexão fora do plano. A proposta é investigar como a inclusão das tensões combinadas impacta o cálculo do dano por fadiga, conforme as diretrizes da BV NI604 (BUREAU VERITAS, 2014), avaliando o efeito dos parâmetros envolvidos nesse fenômeno. Essa análise visa obter estimativas mais precisas para a vida útil de amarras em linhas de ancoragem.



Figura 1: Sistema de ancoragem.

## Metodologia

A análise de dano por tensões combinadas leva em conta as tensões geradas pela tração, bem como pelos fenômenos de OPB (*Out-of-Plane Bending*) e IPB (*In-Plane Bending*). As tensões OPB e IPB, subestimadas em abordagens tradicionais de projeto, desempenham um papel essencial na avaliação da fadiga das linhas de ancoragem. A BV NI604 oferece orientações para a criação de modelos computacionais que incorporem o cálculo das tensões combinadas. Nossa pesquisa busca, além de aprimorar a metodologia de

cálculo do dano, realizar estudos paramétricos que auxiliem na compreensão dos efeitos de diferentes parâmetros.

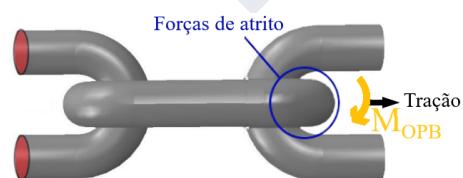


Figura 2: Modelo de representação do fenômeno OPB.

## Resultados

Este projeto prevê o desenvolvimento de modelos computacionais para avaliar o dano por fadiga em elos de amarras de linhas de ancoragem, integrando a metodologia da BV NI604. Além de ampliar o entendimento sobre os sistemas de ancoragem, permite explorar parâmetros, como a intensidade da carga de prova, coeficiente de atrito e diâmetros dos elos, e seus respectivos impactos sobre o fator de concentração de tensão nos hotspots, o momento OPB e o ângulo de interligação entre elos. Assim, busca-se aprofundar a compreensão da dinâmica desses componentes e a influência na vida útil à fadiga.

# Modelagem Viscoelástica Não Linear do Comportamento Mecânico de Linhas de Ancoragem em Poliéster

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

Ronaldo R. Rossi

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Parceiros: PUC-RJ, USP, Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Linhas de ancoragem, Análise dinâmica, Poliéster

## Introdução

O avanço da fronteira de exploração *offshore* de petróleo e gás natural tem levado a um aumento significativo da lámina d'água, potencializando o emprego de linhas de ancoragem com trechos em poliéster (Figura 1), que apresenta favorável razão entre a rigidez e o seu peso. No entanto, o comportamento mecânico viscoso do mesmo precisa ser devidamente modelado. A partir de experimentações físicas, observa-se uma dependência da rigidez dinâmica axial em relação ao nível médio, da amplitude em torno do valor médio e do período da tração de excitação harmônica. Ainda assim, como prática de simulação, adota-se uma rigidez axial de referência elástica linear em uma análise quase-estática, bem como, para uma análise dinâmica, um procedimento simplificado em que a rigidez dinâmica axial é também assumida elástica linear

e definida em função do valor médio da tração de excitação e do *Minimum Breaking Load* (MBL) da linha. Nesta atividade de investigação, busca-se desenvolver um modelo viscoelástico não linear que reproduza naturalmente todas as dependências observadas experimentalmente e que possa ser incorporado ao *framework* DOOLINES e ao programa DYNASIM.



Figura 1: Carretel com linha de ancoragem em poliéster.

## Metodologia

Partindo-se da expressão de dependência do módulo específico ( $E/\rho$ ) proposta por Del Vecchio em sua tese (1992), vários modelos viscoelásticos lineares e não lineares são investigados, procurando-se identificar as potenciais representatividades das dependências apontadas para a rigidez dinâmica axial. Oitenta combinações do nível médio, da amplitude em torno do valor médio e do período da tração de excitação harmônica são utilizadas para calibrar os parâmetros dos modelos viscoelásticos estudados, via a solução de um problema de minimização envolvendo as métricas de erro  $L_2$  e  $L_\infty$ , fazendo-se uso do pacote *NLopt* na linguagem de programação *Julia*.

## Resultados

Uma vez que os modelos viscoelásticos lineares são incapazes de representar todas as dependências observadas para a rigidez dinâmica axial, diversos modelos viscoelásticos não lineares foram investigados, tendo no modelo autoral *Zelp*, com não linearidade em um dos componentes elásticos e no componente viscoso, um potencial candidato (Figura 2), apresentando desvio quadrático médio

de 2.1% e erro relativo máximo de 5.3%.

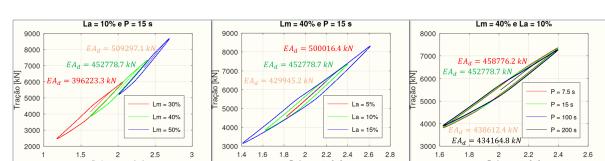


Figura 2: Variações da rigidez dinâmica axial.

# Estratégia de CI/CD no desenvolvimento do Wrapper Python para o DOOLINES

**Erasmo Augusto B. Silva** (erasmo.bezerra@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de software, Estruturas offshore

## Introdução

Integração contínua e entrega contínua (CI/CD) reduzindo erros. é uma abordagem de desenvolvimento de *software* que busca aumentar a eficiência e a confiabilidade na entrega de aplicações. Essa metodologia inclui a integração frequente do código, a execução de testes automatizados e a entrega contínua de modificações de *software* em ambiente de produção. No desenvolvimento do Wrapper Python para o DOOLINES, utiliza-se o GitHub Actions como ferramenta para automatização de tarefas repetitivas, economizando tempo e

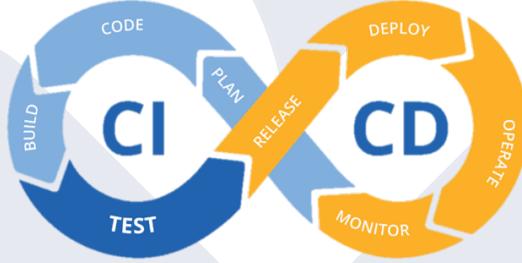


Figura 1: Fluxo de desenvolvimento CI/CD.

## Metodologia

O GitHub Actions funciona através da automatização de fluxos de trabalho disparados por evento no repositório, como *commits*, *pull requests*, ou *releases*. Esses fluxos são definidos em arquivos YAML, onde as etapas de *build*, teste e *deploy* da aplicação são definidas. No desenvolvimento da interface Python para o DOOLINES, o gatilho para a execução desses fluxos ocorre quando é feita a criação de um *release* no próprio GitHub. Na execução do Actions (dentro do GitHub) são instaladas as dependências necessárias para a construção do pacote; como o SWIG, responsável pela conversão do código do framework DOOLINES em C++ para Python. Outras ferramentas usadas para o empacotamento incluem *setuptools* e *Poetry*. Ao fim da execução, são disponibilizados os artefatos em formato WHL para a instalação do framework nas versões de Python de 3.8 a 3.12. Os instaladores são lançados na seção de *release* do repositório.

## Resultados

A estratégia de CI/CD implementada para o empacotamento e distribuição do framework representa um ganho de eficiência. Em perspectiva, há a possibilidade de incluir no fluxo de trabalho a execução de testes automatizados, o que ajudaria na detecção de *bugs* e inconsistências antes do *release* de uma nova versão. Além disso, a distribuição no repositório Python da Petrobras pode facilitar o processo de disponibilização e uso da ferramenta. Essas melhorias estão sendo consideradas para aprimorar ainda mais a experiência do usuário.

# Avanços do Wrapper Python para o DOOLINES

**Erasmo Augusto B. Silva** (erasmo.bezerra@lccv.ufal.br)

Fábio M. G. Ferreira, Eduardo N. Lages

## Atividade de P&D

Duração: 48 meses (Em andamento)

Financiamento: PETROBRAS

**Palavras-chave:** Estruturas *offshore*

## Introdução

O DOOLINES é um *framework* para análise dinâmica não linear de linhas de ancoragem e *risers*, com base no Método de Elementos Finitos. A partir da modelagem da estrutura e das condições ambientais, o histórico de forças e deslocamentos são obtidos via integração temporal. Originalmente implementado utilizando programação orientada a objetos em C++, o DOOLINES foi integrado em *softwares* de análise estrutural. Para ampliar ainda mais o seu alcance e facilitar o uso, desenvolveu-se um *wrapper* ou interface Python que combina as facilidades da linguagem e o desempenho do C++.

## Metodologia

A interface Python para o DOOLINES oferece Actions, um conjunto de classes para a modelagem e análise do sistema. Essas classes representam as propriedades geométricas e mecânicas da estrutura, aplicam condições de contorno, e modelam o efeito de ações externas e do solo. A análise é realizada por meio de algoritmos de integração temporal disponíveis nos métodos da classe *Simulation*. O desenvolvimento da ferramenta faz uso da abordagem de integração e entrega contínua (CI/CD), na qual o *build* e o *release* são gerados a cada contribuição de forma automatizada usando funcionalidades do GitHub

```
◆ Caso.py
1 import doolines
2 import json
3 import sys
4
5 # Catenária Invertida usando solo EPTTrue
6
7 print("Versão do Python:", sys.version)
8
9 print(f"Versão do DOOLINES: {doolines.version()}")
10 print(f"Versão do Wrapper Python: {doolines._version_}")
11
12 # gravidade das mensagens de log
13 doolines.set_log_severity(doolines.Log.Verbose)
14
15 # inicializa o DOOLINES
16 doolines.init("case2", "./")
17
18 # cria modelo
19 model = doolines.create_model()
20
21 line = model.create_line() # cria linha
22 line.set_num_segments(1) # define o número de segmentos
23
24 # define geometria da estrutura
```

Figura 1: Estudo de caso.

## Resultados

O primeiro *release* (versão 0.1.0) fornece um Manual de Comandos, que contém o tutorial de instalação do pacote, e a descrição das funções globais, dos atributos e métodos das classes. Além disso, são apresentados exemplos de uso, incluindo um caso completo. A classe *PostProcessor* do *framework* fornece métodos para exportar os resultados da simulação nos formatos JSON, binário e XMF. O arquivo XMF viabiliza a análise dos resultados no *software* ParaView. A instalação do pacote requer a obtenção do instalador no formato WHL compatível com a versão de Python desejada. Estudos de caso evidenciam o desempenho e a facilidade de uso da ferramenta, além de oferecer ao usuário a

possibilidade de complementar a análise com uma ampla variedade de bibliotecas para visualização disponíveis na linguagem Python.

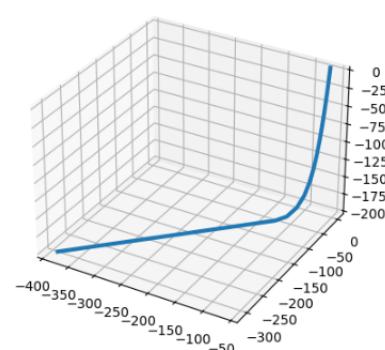


Figura 2: Visualização da geometria de linha de ancoragem.

# Índice Remissivo

## A

- Adeildo S. Ramos Jr., 21, 22, 135–139, 143  
Alan D. dos Santos, 105  
Aline G. L. Amaral, 18, 116  
Aline S. O. Neves, 16, 18, 117–119, 122, 123, 128  
Aline S. R. Barboza, 11–13, 48–55, 57, 59–65, 67, 68, 92, 100, 106  
Alisson T. Pinto, 105  
Ana Luíza C. Ribeiro, 17, 122, 123  
Andressa C. A. Silva, 14, 81–85  
Andressiane G. Lino, 16, 18, 117, 121  
André L. L. S. Lima, 126  
Antonio P. O. Teodoro, 76  
Antonio Paulo A. Ferro, 13, 15, 57, 60, 106–111, 113, 114  
Arthur P. de M. R. Soares, 105

## B

- Beatriz R. Barboza, 15, 100–104  
Bruna C. Sarmento, 16, 121  
Bruno B. Santos, 14, 81–85  
Bruno C. A. Moura., 89  
Bárbara A. Duarte, 11, 38

## C

- Caio Victor R. P. Silva, 11, 30, 31  
Camila Maria F. Silva, 11, 24  
Carlos M. A. Tenorio, 15, 112, 114  
Carlos W. L. Barbosa Neto, 13, 58, 63, 64, 66  
Carolina S. Locatelli , 123  
Catarina N. A. Fernandes, 14, 15, 70–80, 106–114  
Christian C. Oliveira, 16, 17, 126, 128, 130  
Christian F. Ruff, 21, 136, 138  
Christiano Augusto F. Várady Filho, 15, 92–99

## D

- Daniel B. F. Silva, 16, 17, 124–126, 131  
Daniel M. Pimentel, 15, 63, 64, 67, 106, 114  
Daniell P. Silva, 11, 24–46  
Davi L. Ramos, 14, 15, 81–85, 100, 104  
Diego F. D. Bezerra, 16, 122  
Diego V. G. Ferreira, 13, 58, 65, 66  
Diogo P. S. Amorim, 17, 129, 130  
Diogo S. Fonseca, 105  
Diogo T. Cintra, 16, 124, 127, 128  
Douglas C. S. B. Torres, 18, 117, 119, 120  
Débora S. Moreira, 13, 59

## E

- Edson Rabelo Jr., 13, 63, 64, 67  
Eduardo L. S. Oliveira, 16  
Eduardo N. Lages, 22, 141–149  
Eduardo S. S. Silveira, 12, 16–20, 48–55, 116–120, 125–127, 129–133  
Eduardo T. Lima Jr., 13–15, 59, 81–90, 92, 97–101, 106  
Elisama Q. S. Santos, 15, 111, 114  
Emanuel J. S. Barreto, 16, 18, 117, 119  
Emanuel M. Silva, 15, 92, 97, 98  
Emerson Acácio F. Santos, 12, 48, 49, 52, 55  
Erasmo Augusto B. Silva, 13, 60, 148, 149  
Eric B. Brito, 20, 129  
Eric M. Cabral, 17, 117, 119  
Erick S. Coelho, 13, 58, 63, 66, 67  
Eric M. Cabral, 18  
Evaldo O. Braz Jr., 11, 24  
Evandro Diego A. Pinheiro, 45  
Evilly R. H. Silveira, 22, 142, 146

## F

- Felipe P. Lima, 13, 61  
Flávio V. Pais, 15, 106, 114  
Francisco A. V. Binas Jr., 13, 58–62, 65, 66, 68  
Frederico S. Passos, 21, 138  
Fábio José C. Silva Filho, 22, 142, 146  
Fábio M. G. Ferreira, 12, 16, 17, 19, 20, 22, 48–55, 117, 120, 125, 128–133, 148, 149

## G

- Gabriel C. Freitas, 16, 117, 119, 120, 125, 126  
Gabriel R. Domingos, 22, 143  
Gabriele K. M. Lins, 77, 80  
Gabriel C. Freitas, 18  
Geiza Thamirys C. Gomes, 11, 46  
Ghedyvan Vinícius B. Silva, 11, 26  
Gilberto Lucas L. Santos, 14, 75, 76, 78  
Giuliana C. D. Arecippo, 11, 27, 28  
Gleide K. M. Lins, 14, 70, 72, 77  
Glenda Gabrielle G. Oliveira, 11, 39  
Gustavo C. Rego, 17, 18, 118, 119  
Gustavo H. L. Barbosa, 122  
Gustavo T. Silva, 59, 88

## H

- Heleno P. Bezerra Neto, 22, 145  
Higor Daniel C. Cabral, 11, 25

Higor V. de Lima, 105  
Hélio F. C. Peixoto, 20

## I

Iasmin C. Borba, 11, 29, 33  
Igor Jablauksky, 126  
Igor M. N. Oliveira, 14, 81–85  
Ilivanilton R. Barros, 13, 63, 64, 67, 69  
Isabela G. Siqueira, 125

## J

Jadson C. S. Santos, 13, 63, 64, 67  
Jaerlington Paulo S. Silva, 11, 42  
Jamerson B. Omena, 15, 103  
Jardel A. G. Ferreira, 105  
Jennifer Mikaela F. Melo, 15, 101–103  
Jeyson S. N. Silva, 13, 63, 64, 67  
Joab Manoel A. Santos, 15, 100, 104  
Josué D. Silva Neto, 12, 48–55  
José G. Pinto Jr., 13, 63, 64, 66, 67  
Joyce Kelly F. Tenório, 15, 92–99  
João Fyllipy L. Nunes, 15, 106–110, 113, 114  
João Paulo L. Santos, 13–15, 68, 72, 79, 87–89,  
92–104, 106–114  
João Paulo N. Araújo, 14, 79, 80, 91  
João Victor G. Fernandes, 15, 92, 95, 96  
Juana B. L. R. Palma, 39  
Jéssica P. V. Valença, 12, 13, 48, 49, 52, 55, 59, 65  
Júlia A. Pereira, 11, 24

## K

Kevin , 128  
Kevin T. L. M. Souza, 16, 17, 122, 125, 129  
Kim R. Gama, 16, 18, 117, 119, 120

## L

Laís C. Santos, 17, 122  
Leandro M. Sales, 13, 17, 63, 64, 67  
Leilane S. Andrade, 128  
Leonardo C. Lyra, 18, 116, 118, 119  
Leonardo C. Nascimento, 16, 116, 125  
Leonardo T. Ferreira, 21, 136–139  
Letícia B. C. Santos, 17, 116  
Lorran F. Oliveira, 21, 138, 139  
Lucas D. F. Lino, 126  
Lucas Diego F. Lino, 16, 125, 132, 138  
Lucas G. Omena Lopes, 86  
Lucas H. R. O. Falcão, 16, 18, 118, 119  
Lucas P. Gouveia, 13, 14, 57, 60, 87–92, 100, 106  
Lucas S. Sales, 13, 58, 63, 64, 66, 67  
Luciana C. L. M. Vieira, 21, 135–139  
Luiz E. Silva Filho, 14, 73, 74, 78  
Luís Philipe R. Almeida, 15, 106–110, 113

## M

Marco A. A. Silva, 124  
Marco Antonio A. Silva, 17  
Marcos A. B. Lima, 13, 58, 63, 64, 66, 67  
Marcos A. Inácio Jr., 11, 39  
Maria Clara L. Barbosa, 16, 17, 116  
Maria Clara L. Medeiros, 70, 71  
Maria Luiza N. Lopes, 78  
Marlos F. Barbosa, 16, 17, 131  
Matheus A. Miranda, 12, 50, 51, 53, 54  
Matheus Vinícius S. Santos, 96  
Mayara T. C. Ribeiro, 17, 129  
Michele A. L. Martins, 22, 142, 146  
Milton M. G. Santos, 22, 141, 144  
Mirian F. Siqueira, 17, 133  
Márcio M. Ribeiro, 16, 121  
Mávyla Sandreya C. Tenório, 15, 101–103

## N

Nuno H. A. Pires, 15, 102

## O

Otávio Bruno A. Rodrigues, 14, 79, 80

## P

Paula Alessandra G. A. Sousa, 11, 43  
Paulo Victor L. Severiano, 11, 29, 33–37  
Pedro Augusto V. B. F. Andrade, 91  
Pedro H. S. Resende, 13, 63, 64, 67

## R

Rafael N. Cunha, 87  
Rayner S. Lima, 16, 17, 20, 136  
Regis S. Coelho, 11, 41  
Renato R. L. Santos, 12  
Rendrikson O. Soares, 16, 18, 117–119  
Ricardo A. Fernandes, 16, 18, 21, 117–120, 135,  
136, 138, 139  
Ricardo G. Borges, 135  
Rodrigo B. Paes, 14  
Romero B. S. Malaquias, 14  
Ronaldo R. Rossi, 22, 147

## S

Samuel Mateus S. Nascimento, 11, 39  
Samuel T. Santos, 129  
Samuel W. L. Oliveira, 121, 124, 128  
Samuel Wilson L. Oliveira, 17  
Sarah C. Nogueira, 16, 18, 119, 123, 129  
Sulamita J. B. Santos, 11

## T

Teófanes Vitor Silva, 12, 13, 68  
Thales H. R. Araujo, 16

Thales M. A. Vieira, 14, 81–86  
Thays C. Oliveira, 122  
Themisson S. Vasconcelos, 15, 106–110, 112–114  
Thiago B. Silva, 14, 70–77, 90, 91  
Thiago Rogério F. Santos, 40  
Tiago P. S. Lôbo, 16–21, 124–126, 128–130, 132,  
135–139  
Tácio Valmir D. Almeida, 15, 92–94

## V

Victor Luygg M. Santos, 11, 27–37, 45  
Vilker T. C. Lobo, 18, 117–119  
Vitor R. Morais e Silva, 105

## W

Walisson J. L. Araújo, 16, 131  
Walnia Daysiane M. Brito, 17, 129  
Wanessa J. L. Vieira, 16  
Weverton M. Silva, 12, 48, 49, 52, 55  
William Wagner M. Lira, 14, 70–79, 86, 87, 92,  
100, 106, 111, 112  
Willy C. Tiengo, 14  
Willyam V. Santos, 16  
Wydem L. E. Santos, 22, 145



**Imagen 1 (capa frontal): Uma armação do Reisado se pondo em cena (1986), por Mestre Zumba**  
**Imagen 2 (capa traseira): Um popular lacustre um canoeiro (1985), por Mestre Zumba**

## **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