

FORMULAÇÃO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO: ESTUDO DE CASOS DE DESAFIOS TECNOLÓGICOS PARA A CONSOLIDAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM

Bruno Ghisleri Neves – brunoneves@id.uff.br
Geraldo de Souza Ferreira – geraldoferreira@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense – UFF
Escola de Engenharia – TCE
Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – TEQ
Rua Passo da Pátria, 156 - Bloco E - Sala 247
21.210-240 – Niterói – RJ

Resumo: *O presente artigo aborda as atividades desenvolvidas ao longo de um projeto de monitoria, tendo como objetivo produzir conteúdo sobre a formulação e solução de problemas de Engenharia de Petróleo, com apoio em casos reais, a fim de estimular o interesse dos alunos deste curso de graduação. Para elaboração desta tarefa foi feito um levantamento bibliográfico sobre tecnologias inovadoras desenvolvidas na exploração de petróleo no Pré-Sal, estudo de estratégias para solução de problemas de engenharia e visita a uma empresa que desenvolve soluções tecnológicas para a indústria petrolífera. Ao término do projeto foram gerados novos conteúdos para as disciplinas ministradas no curso. O resultado de aprendizagem obtido com este projeto foi aferido por meio de questionário aplicado em sala de aula para alunos de períodos iniciais do curso e obteve resultados considerados satisfatórios e promissores. A integração entre o ensino em sala de aula e a abordagem de problemas do mundo real, além de enriquecer a formação acadêmica por meio da indução de pensamento crítico, lógico e criativo, propicia consolidação do ensino-aprendizagem acerca das para situações que possam vir a ser vivenciadas durante a carreira profissional.*

Palavras-chave: *Petróleo. Pré-Sal. Soluções. Problemas. Ensino-aprendizagem.*

1 INTRODUÇÃO

A aquisição de competências para a formulação e solução de problemas deve se configurar como parte integrante da formação em Engenharia, devido aos desafios para os quais os estudantes deverão buscar soluções em sua futura prática profissional. Na busca por respostas para estes desafios, os profissionais de engenharia serão envolvidos em projetos e empreendimentos em cujo escopo são suscitados aprendizados sobre o desenvolvimento de novas tecnologias.

Para a consolidação do ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia, tornam-se importantes os estudos de casos nos quais são apresentados os problemas reais, suas condições de contorno e as respectivas soluções apresentadas pelas empresas de engenharia.

No âmbito do Projeto de Monitoria “Desenvolvimento e atualização de conteúdo em projetos e métodos em Engenharia de Petróleo”, associado às disciplinas “Introdução à Engenharia de Petróleo” e “Metodologia Científica e Tecnológica”, do Curso de Graduação em Engenharia de Petróleo da Escola de Engenharia da UFF - Universidade Federal Fluminense, foram desenvolvidas atividades de suporte ao ensino-aprendizagem de solução de problemas em engenharia. Essas atividades tiveram como referência pedagógica o conteúdo de dois livros presentes nas referências bibliográficas dessas disciplinas: “Petróleo em Águas Profundas: Uma História Tecnológica da Petrobras na Exploração e Produção Offshore”, tendo como autor J. M. de Moraes, e “*Strategies for Creative Problem Solving*” de autoria de H. Scott Fogler e S. E. LeBlanc.

O presente trabalho relata um estudo de caso associado à solução de problemas enfrentados pelas empresas durante as atividades de exploração e produção nos campos de petróleo do Pré-Sal, na Bacia de Santos. O trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto de monitoria citado e foi realizado durante o ano de 2018, sob orientação do professor responsável pelas disciplinas.

2 BASE CONCEITUAL E METODOLÓGICA

A metodologia de trabalho usada no presente trabalho constituiu-se da leitura dos livros-textos anteriormente citados, pesquisa sobre tecnologias desenvolvidas na indústria de petróleo, visita a uma empresa que desenvolveu uma das soluções tecnológicas, análise e reflexão crítica sobre os dados e informações e redação do texto.

A pesquisa bibliográfica sobre soluções tecnológicas para problemas de engenharia na cadeia produtiva do petróleo envolveu a busca em diretórios *online* na *web*, em especial nas páginas das empresas de engenharia atuantes no setor, com ênfase em casos reais referentes aos desafios do Pré-Sal.

Esta pesquisa em diretórios da internet permitiu identificar e listar diversas tecnologias desenvolvidas para melhorar as condições de exploração do Pré-Sal. Após serem conhecidas estas tecnologias, as empresas que as desenvolveram foram contatadas. Foi escolhida para visita e conhecimento das peculiaridades das soluções tecnológicas, uma empresa do setor de confecção de tecnologias para otimizar a manutenção de dutos e tubulações flexíveis (*risers*). Esta escolha foi feita em função da facilidade de acesso às suas instalações e da disponibilidade e interesse em colaborar com os objetivos do trabalho.

De posse das orientações e referências dos livros textos, do resultado das pesquisas e das informações obtidas na visita à empresa, realizou-se a produção de conteúdo descrita neste artigo. Foi possível elaborar exercícios e conteúdos didáticos para aulas nas quais o aluno teria o desafio de pensar em problemas que ocorrem na produção de óleo e gás em regiões inóspitas, como as encontradas em campos do Pré-Sal e nas possíveis tecnologias que poderiam ser desenvolvidas para este propósito.

Com a leitura do material fornecido durante as atividades da monitoria, o aluno realiza uma imersão nas especificidades e necessidades do contexto do problema e de como e porque aquela série de tecnologias foram desenvolvidas como solução para a produção de petróleo no Pré-Sal.

2.1 O petróleo no Brasil

As primeiras discussões sobre a exploração sistemática de petróleo no Brasil se tornam relevantes a partir do fim da Primeira Guerra Mundial. Antes disso, as importações de combustíveis tinham pouco peso na balança comercial (o querosene representava apenas 2,1% do valor total das importações) e havia baixo consumo de derivados combustíveis no país (cerca de 1.100 barris por dia, sendo que um barril equivale a 159 litros) - fatos que não atraíam a atenção dos empresários para investir no setor, como ocorria em outros países (MORAIS, 2013).

Entre 1919 e 1933, o Estado Brasileiro, por intermédio do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, realizou perfurações no Paraná, Bahia e Alagoas. Ao fim da década de 1930, o Brasil possuía a segunda maior frota de veículos na América do Sul e notícias sobre prováveis guerras na Europa estimularam o anseio de produção de petróleo no país, em função do risco de desabastecimento.

Em 1938, o presidente Getúlio Vargas cria o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), para definir e executar a política do petróleo, controlar o abastecimento e realizar atividades de pesquisa. Em 1939, ocorre a primeira descoberta de petróleo em solo brasileiro, em Lobato na Bahia, impulsionada pelo olhar do engenheiro agrônomo Manoel Inácio Bastos, que verificara ser usada como combustível para iluminação pelos moradores locais uma lama escura retirada do solo (MORAIS, 2013).

A demanda crescente por petróleo no pós-guerra e a campanha "O Petróleo é Nosso" estimularam a criação da Petrobras- Petróleo Brasileiro S.A., em 1953, pelo presidente Getúlio Vargas. A lei 2004/1953 instituiu o monopólio da União na pesquisa e desenvolvimento das jazidas de petróleo, no refino, no transporte marítimo do petróleo bruto nacional e dos derivados produzidos no País e no transporte por oleodutos e gasodutos.

Em função dos choques de petróleo de 1973 e 1979, que fizeram o preço do barril saltar de menos de 3 dólares, em 1972, para um valor superior a 30 dólares, em 1981, foram feitas pesquisas e esforços exploratórios que levaram às descobertas de petróleo em águas profundas e ultra profundas na bacia de Campos a partir de meados da década de 1980 e década de 1990. A autossuficiência na produção de petróleo foi alcançada em 2005 e, logo após, foram descobertos os reservatórios no assim chamado Pré-Sal na bacia de Santos, ao final da década de 2000 (MORAIS, 2013).

Em termos mundiais, o Pré-Sal representa as maiores descobertas nos últimos 30 anos. Com ele, o país se torna uma das referências mundiais na exploração e produção de hidrocarbonetos fósseis. A frase do mais importante historiador do petróleo, Daniel Yergin (2010), "ao longo da história, nenhum outro negócio define de forma tão completa e radical o significado do risco e da recompensa como o petróleo", sintetiza a importância do petróleo como recurso energético fundamental para o mundo e para o Brasil.

2.2 O Pré-Sal

Diversos desafios tiveram que ser vencidos até se descobrir e produzir petróleo no Pré-Sal, uma conquista da nação brasileira após um século de aprendizado em engenharia. Para melhor compreensão sobre as tecnologias desenvolvidas pela Petrobras e pelas empresas a ela associadas, deve-se ter em mente o contexto natural associado ao Pré-Sal, para entender a sua relevância contemporânea.

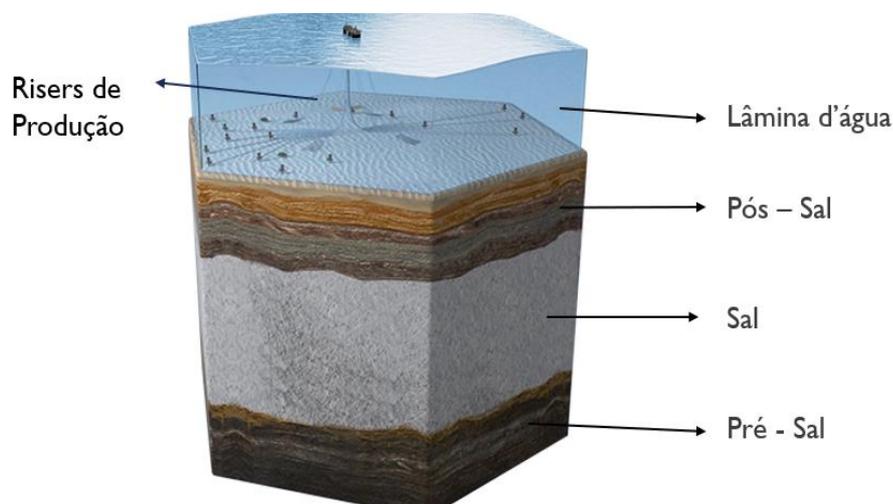
Os depósitos de petróleo do Pré-Sal estão localizados em rochas sedimentares carbonáticas - ricas em carbonato de cálcio, CaCO_3 - presentes na bacia sedimentar de Santos,

nos litorais dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Tais rochas possuem idade superior a 100 milhões de anos e se formaram durante o processo de rifteamento (fragmentação) de um supercontinente antigo, o Gondwana, que deu origem aos continentes Americano e Africano. Esta fragmentação, que também deu origem ao Oceano Atlântico Sul, começou há cerca de 150 milhões de anos e se encerrou há 115 milhões de anos.

Entre a América do Sul e a África formaram-se, inicialmente, depressões alongadas e estreitas ocupadas por grandes lagos de água doce. Estes lagos foram preenchidos por sedimentos ricos em matéria orgânica, o insumo para a formação do petróleo. À medida que ocorria o rifteamento, com afastamento da América do Sul e África, os lagos se ampliaram e deram início ao Oceano Atlântico, transformando-se em áreas marinhas pouco profundas, nas quais ocorreram depósitos de sal que geraram as rochas salinas que atingem até cerca de 2 mil metros de espessura. Acima do sal, foram formadas rochas sedimentares de origem marinha, chamadas de "Pós-Sal" (PETROBRAS, 2018).

Ao longo do tempo, processos naturais, térmicos e químicos, transformaram a matéria orgânica em hidrocarbonetos (petróleo e gás natural), que ficou retido, sob a proteção das camadas salinas. O prefixo "pré", usado no nome Pré_Sal indica que os sedimentos que deram origem ao petróleo já existiam, quando foram formadas as rochas salinas, ou seja, os sedimentos ricos em matéria orgânica são mais velhos em termos de idade e, por isso, se encontram em maior profundidade que o sal como pode ser verificado na "Figura 1".

Figura 1 – Disposição das camadas geológicas e risers de produção em *offshore*.



Fonte: Petrobras (2018).

O Pré-Sal é uma zona de alta produtividade. Somente após 8 anos de atividades, e usando 52 poços produtores, a produção diária de petróleo no Pré-Sal chegou a uma produção de cerca de 1 milhão bpd (barris de petróleo por dia). Em comparação com as outras áreas de produção no país, foram necessários 45 anos e mais de 8 mil poços produtores para se obter a mesma produção diária, no ano de 1998. Atualmente a produção no Pré-Sal é cerca de 1,8 milhão de bpd (barris de óleo por dia) e já corresponde a mais de 50% da produção brasileira de petróleo.

O campo do Pré-Sal mais produtivo é o campo de Lula, na bacia de Santos, no qual atua a unidade de produção FPSO (unidade flutuante de produção e armazenamento de petróleo) P-

66, que tem capacidade para processar diariamente 150 mil barris de óleo e comprimir 6 milhões de m³ de gás (PETROBRAS, 2018).

2.3 Os problemas e desafios tecnológicos na engenharia

Os depósitos de petróleo das rochas carbonáticas do Pré-Sal encontram-se em *offshore*, a cerca de 150 a 250 km do litoral brasileiro, cobertos por uma lâmina d'água com profundidade de cerca de 1800 a 2100m e a cerca de 7 km de profundidade, contados a partir do fundo do mar. Para vencer a enorme barreira natural encontrada na bacia de Santos e produzir petróleo de forma segura foram enfrentados diversos problemas e desafios que demandaram aprendizados contínuos na engenharia *offshore* brasileira. Estes esforços levaram a avanços tecnológicos, reconhecidos internacionalmente, nos equipamentos *offshore* já existentes na exploração de petróleo em águas profundas.

As tecnologias listadas na "Tabela 1" (Petrobras, 2016) destacam-se no contexto de inovações tecnológicas realizadas durante a exploração do Pré-Sal. Neste trabalho, será abordada para a formulação do estudo de caso de solução de problemas em engenharia, a tecnologia de número 8. Primeira aplicação de *risers* (tubulações) flexíveis com sistema integrado de monitoramento dos arames de tração, implementada em todos os poços do Pré-Sal, pela empresa Ouro Negro, prestadora de serviços de soluções de engenharia à Petrobras.

Tabela 1 - Principais tecnologias desenvolvidas durante a exploração do Pré-Sal.

1.	Redução no tempo médio de construção de poços de 310 dias em 2010 para 89 dias em 2016;
2.	Redução no custo médio de extração do petróleo no Pré-Sal (inferior a US\$ 8 por barril atualmente);
3.	Diminuição do tempo entre o primeiro teste e o início da produção no Campo de Lula para 30,5 meses;
4.	Primeira boia de Sustentação de <i>Risers</i> (BSR);
5.	Primeiro <i>riser</i> rígido em catenária (curva plana assumida por um fio suspenso sobre ação única de seu próprio peso) composto por tubos com <i>liner</i> , instalados pelo método <i>reel lay</i> (carretel);
6.	Mais profundo <i>riser</i> rígido em configuração "lazy wave" (SLWR);
7.	Mais profundo <i>riser</i> flexível (em lâmina d'água de 2,2 km);
8.	Primeira aplicação de <i>risers</i> flexíveis com sistema integrado de monitoramento dos arames de tração;
9.	Recorde de profundidade de lâmina d'água (2103 m) na perfuração de um poço submarino com a técnica de <i>Pressurized Mud Cap Drilling</i> (PMCD);
10.	Primeiro uso intensivo de completação inteligente em águas ultra profundas, nos poços satélites;
11.	Primeira separação de CO ₂ associado ao gás natural em águas ultra profundas com injeção de CO ₂ em reservatórios de produção;
12.	Mais profundo poço submarino de injeção de gás com CO ₂ ;
13.	Primeiro uso do método alternado de injeção de água e gás em água ultra profunda.

Fonte: Petrobras (2016).

3 UM CASO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM ENGENHARIA - MONITORAMENTO DE INTEGRIDADE DE RISERS FLEXÍVEIS

Os *risers* de produção são estruturas tubulares flexíveis que transportam os hidrocarbonetos do fundo do mar, após a sua produção pelos poços, até a unidade produtora flutuante, como pode ser observado na “Figura 1”. São estruturas cujo diâmetro que pode variar entre 15 e 76 cm e comprimento que pode atingir até cerca de 3000m. Os *risers* são constituídos de uma série de camadas como pode ser observado na “Figura 2”.

Figura 2 – Corte de um riser flexível.



Fonte: TecPetro (2015).

Os *risers* são estruturas submetidas a esforços contínuos de tração, pois estão suspensos, com a extremidade superior fixada à embarcação flutuante. Ao mesmo tempo sofrem deformações associadas a esforços provocados pelas correntes marinhas. Por outro lado, a ação da água do mar provoca corrosão das estruturas dos *risers*.

Um dos principais problemas de engenharia associado aos *risers* é a identificação do final de sua vida útil, pois a produção de petróleo e ou gás natural deve ser interrompida para se providenciar a substituição dos mesmos. Caso a substituição seja antecipada, ocorrem prejuízos pois está sendo substituída uma estrutura ainda de boa qualidade. Por outro lado, caso haja demora na substituição, pode ocorrer o risco de rompimento dos *risers*, o que leva a acidentes com derramamento de petróleo no mar. O desafio reside então em construir condições para que haja o monitoramento da qualidade estrutural de um *riser* em operação.

Para compreender a solução tecnológica dada a este problema foi realizada uma visita técnica à empresa Ouro Negro, situada no Rio de Janeiro, durante a III Semana Fluminense de Petróleo – PetroUFF, realizada em junho de 2018. A Ouro Negro foi criada em 2010, destacando-se no mercado *offshore* no fornecimento de equipamentos para produção em parceria com a Petrobras. Durante a visita, houve oportunidade de conhecer a tecnologia desenvolvida pela empresa, já implementada em todos os poços do Pré-Sal, para monitoramento das condições estruturais e integridade dos *risers* flexíveis de produção.

3.1 Monitoramento de integridade estrutural antes da solução tecnológica

Os *risers* flexíveis possuem armaduras de tração, constituídas por arames metálicos que sofrem risco de rompimento seja devido à corrosão, ao desgaste excessivo ou a níveis

elevados de tensão. O rompimento dos arames é uma das falhas mais recorrentes em *risers* flexíveis e pode levar a acidentes para a operação e o meio ambiente (OURO NEGRO, 2018).

O monitoramento, manutenção e substituição dos *risers* de produção, antes do desenvolvimento tecnológico eram feitos de forma não padronizada, muitas vezes em momento desnecessário, tendo em vista que a vida útil do *riser* ainda não havia sido atingida. Em termos gerais, um fiscal elaborava uma avaliação a partir da observação visual da estrutura externa do *riser* e da forma com a qual o mesmo se comportava face ao movimento ocasionado pelas correntes marinhas.

Para avaliar a necessidade de substituição, era necessário interromper a produção, para uma avaliação mais detalhada do *riser*. Em função da precaução adotada nos procedimentos, na maioria das vezes a estrutura estava íntegra e não necessitava ser substituída, gerando custos altos e antecipados com um novo equipamento, com a interrupção da produção e com o abandono de uma estrutura ainda em boa qualidade.

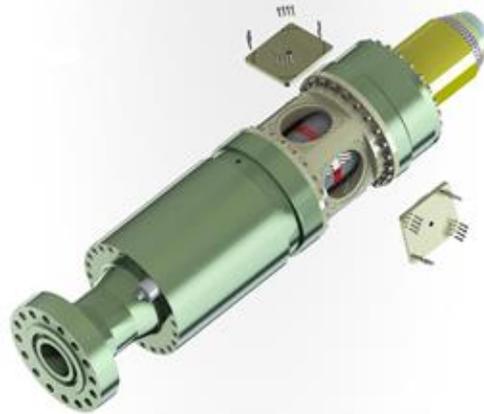
3.2 Monitoramento de integridade estrutural com aplicação de solução tecnológica

Segundo os responsáveis técnicos da empresa Ouro Negro S.A, foi elaborado um sistema integrado de monitoramento de arames de tração em 2013, que proporciona proteção aos trabalhadores, ao meio ambiente, prevenção de acidentes e redução de custos gerados por manutenção e parada da produção em unidades *offshore*.

Este sistema, denominado MODA - Monitoramento Óptico Direto no Arame, baseia-se em sensores a fibra óptica que emitem alertas instantâneos no caso de rompimento de arames da armadura de tração dos *risers* flexíveis. O sistema pode ser instalado em fábrica em um novo *riser* flexível, como demonstrado na "Figura 3", ou em um *riser* que já se encontra em operação, sendo calibrado após a conexão do *riser* à plataforma de petróleo.

O sistema MODA identifica o estado físico dos arames da armadura externa de tração do *riser* flexível por meio do monitoramento da deformação dos mesmos, sinalizando ocorrência de rupturas, e possibilitando a detecção dos primeiros indícios de dano no *riser* e consequente tomada de medidas preventivas.

Figura 3 – Sistema MODA instalado em um novo *riser*.



Fonte: Petrobras (2014)

Caso haja rompimentos de arames, são emitidos alertas instantâneos que permitem a geração de diagnósticos em tempo real da condição do duto flexível, em uma sala de controle, dando suporte à tomada de decisões quanto à real necessidade de manutenção e parada da produção.

4 TRANSPOSIÇÃO DE CASO REAL DE SOLUÇÃO DE PROBLEMA EM ENGENHARIA PARA O AMBIENTE DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM SALA DE AULA

As leituras e estudos orientados do livro “*Strategies for Creative Problem Solving*”, proporcionam ao aluno uma base para a elaboração de soluções para problemas seguindo a metodologia recomendada pelos autores Fogler & LeBlanc. Os passos recomendados pelos autores para alcançar êxito na tarefa de solução de problemas iniciam com a compreensão de qual é o problema real, de modo a distingui-lo de problemas aparentes. Para definir o problema real deve-se identificar situações em que não devam ser desperdiçados tempo e recursos. Estas situações são aquelas nas quais se trabalha em soluções para empecilhos que não irão resolver a situação totalmente. Ter este discernimento aumenta consideravelmente as chances de formular e resolver o problema que se apresenta. Além de definir o problema corretamente, a equipe de trabalho deve estar comprometida e deve buscar remover eventuais bloqueios que impeçam a realização de tarefas em grupo.

Para abordagem do problema real, é necessária a análise e coleta de dados, por meio de pesquisa e conversa com especialistas ou com as pessoas que vivenciam o problema. A partir desta pesquisa é possível seguir os demais passos recomendados por Fogler & LeBlanc: gerar e criar possíveis soluções para o problema formulado; escolher a solução mais plausível para a obtenção de êxito na tarefa, implementar a solução escolhida e, por fim, realizar uma avaliação sobre o êxito ou não desta solução. Esta avaliação final é importante pois consolida aprendizados para problemas similares no futuro.

A partir do caso descrito no presente trabalho sobre a “Primeira aplicação de *risers* flexíveis com sistema integrado de monitoramento dos arames de tração” e, com suporte na metodologia de Fogler & LeBlanc (2007) para orientação acerca da solução de problemas, foi elaborado um exercício de aprendizagem no qual o aluno deve realizar uma proposta de solução para o problema, idealizando os aspectos mais importantes a serem considerados em similaridade ao sistema MODA. Neste texto, o aluno deve apresentar a formulação do problema existente (que o sistema veio a sanar), imaginar possíveis soluções para o problema, decidir qual a solução mais adequada para resolver o problema, e avaliar se o problema escolhido como principal teria chances de ser resolvido de forma correta com as soluções idealizadas.

Tendo sido identificadas as informações gerais acerca da solução tecnológica implantada pela indústria de petróleo, foi formulado um exercício com alunos da disciplina “Introdução à Engenharia de Petróleo”. Para buscar uma métrica acerca do aprendizado, o monitor passou um questionário antes de quaisquer explicações sobre o assunto que seria abordado em sequência. Após isso, foi realizada uma sucinta apresentação de slides sobre o problema real e suas possíveis soluções. A seguir, foi repassado o mesmo questionário para avaliar o aprendizado.

O questionário distribuído foi composto pelas seis perguntas de múltipla-escolha seguintes, baseadas na concepção do problema de engenharia:

1. No que diz respeito aos sistemas de produção de petróleo, você sabe (ou já sabia) o que é um *riser* flexível?
2. Você saberia informar quais esforços atuam sobre os *risers* flexíveis?
3. Você saberia informar os possíveis problemas estruturais que podem ocorrer em *risers* flexíveis?

4. Você saberia informar quais as consequências dos problemas estruturais que podem ocorrer em *risers* flexíveis?
5. Você sabe a função de um sistema de monitoramento de *risers* flexíveis?
6. Se você fosse montar um projeto na área de petróleo para um determinado problema, você saberia definir o passo a passo do algoritmo para resolvê-lo?

Após a realização da atividade em sala de aula, foi realizada a produção das estatísticas relacionadas ao exercício em sala de aula com 37 alunos presentes. Na "Tabela 2", podemos verificar os dados obtidos:

Tabela 2 – Resultados do questionário realizado em sala.

RESPOSTAS	ANTES EM %						DEPOIS EM %					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
SIM	35	5	27	24	14	14	100	86	81	76	97	68
NÃO	65	95	73	76	86	86	0	11	19	24	3	32

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se perceber um aumento considerável de acerto nas respostas, tendo em vista que a turma de 37 alunos evoluiu de 31,2% de alunos que obtinham conhecimentos sobre os assuntos perguntados para 84,6%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que muitos alunos que ingressam nos cursos de Engenharia evadem devido à monotonia dos períodos iniciais com relação à ausência de conteúdo específico de sua formação, a elaboração e geração de novas propostas de materiais didáticos contribui para a melhoria de qualidade do curso, ao estimular o interesse dos alunos e aprimorar as relações de ensino-aprendizagem.

Novas estratégias de estímulo ao aprendizado impactam de forma positiva o nível da formação dos próprios alunos, pois os mesmos, com interesse despertado ao perceberem a vinculação dos conteúdos trabalhados em sala de aula, com situações e problemas tecnológicos do mundo real, como descrito no presente artigo, passam a ter mais atenção com relação às atividades de sua trajetória acadêmica, fato que contribui para a diminuição da evasão.

Em termos didáticos-pedagógicos, as atividades realizadas ao longo do projeto de monitoria, quando buscou-se trazer questões do mundo real para uma abordagem de solução de problemas em sala de aula no âmbito do Curso de Engenharia de Petróleo, foram de proveito para os alunos. Este resultado pode ser verificado ao longo do ano de 2018 pelo interesse mostrado pelos alunos e pode ser aferido por meio de questionário aplicado em sala de aula para alunos de períodos iniciais do curso, quando foram obtidos resultados considerados satisfatórios e promissores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOGLER, H. Scott, LEBLANC, S. E. **Strategies for Creative Problem Solving**. Michigan: Prentice Hall, 2007.

MORAIS, J. M. **Petróleo em Águas Profundas: Uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore**. Brasília: IPEA, 2013. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_petrobras_aguas_profundas.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.

OURO NEGRO. **Monitoramento e Integridade de Risers Flexíveis**. Disponível em: <<http://ouronegro.com.br/monitoramento-e-integridade-de-risers-flexiveis/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

PETROBRAS. **Relatório de Tecnologia Petrobras 2014**. Disponível em: <https://issuu.com/estantepetrobras/docs/relatorio_tecnologia_petrobras_2014/37?e=5705057/30221266>. Acesso em: 26 abr. 2019

PETROBRAS. **Tecnologias Pioneiras do Pré-Sal 2016**. Disponível em: <<https://presal.hotsitespetrobras.com.br/tecnologias-pioneiras/#0>>. Acesso em: 30 set. 2018

PETROBRAS. **Pré-Sal: Produção de Petróleo e Gás Natural 2018**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>>. Acesso em: 26 abr. 2019

TECPETRO. **Dutos Submarinos**. Disponível em: <<https://tecpetro.com/2015/12/14/dutos-submarinos/>>. Acesso em: 24 abr. 2019

YERGIN, Daniel. **O Petróleo**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2010.

FORMULATION AND SOLUTION OF PROBLEMS IN PETROLEUM ENGINEERING: STUDY OF CASES OF TECHNOLOGICAL CHALLENGES FOR THE CONSOLIDATION OF TEACH-LEARNING

Abstract: *The present paper discusses the activities developed during a monitoring project, with the goal of producing content on the formulation and solution of Petroleum Engineering problems, with support in real cases, in order to stimulate the interest of the students of this undergraduate course. In order to elaborate this task, a bibliographical survey was made on innovative technologies developed in the oil exploration in the Pre-Salt, a study of strategies for solution of engineering problems was carried out and it was visited a company that develops technological solutions for the petroleum industry. At the end of the project, new contents were generated for the disciplines taught in the course. The learning result obtained with this project was measured by means of a questionnaire applied in the classroom for students from the initial periods of the course and obtained results considered satisfactory and promising. The integration between teaching in the classroom and addressing real-world problems, as well as enriching academic training through the induction of critical, logical and creative thinking, leads to a consolidation of teaching-learning about situations that may arise be experienced during the professional career.*

Key-words: *Petroleum. Pre-Salt. Solutions. Problems. Teach- Learning*