

RISERS: UM EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS

RAFAELA FERREIRA DE CARVALHO¹

RESUMO

O objetivo do artigo apresentado é expressar como o aprimoramentos de novos materiais se fazem necessários para atingir os requisitos industriais atuais, ou seja, demonstrar como novas ligas contribuem para a exploração do petróleo, mas não apenas em contexto de metais, ampliando também para os polímeros, que contribuem imensamente para que seu efetuado uma exploração eficaz e segura, obtendo resultados, contribuindo assim com bens para sociedade, meio ambiente e desenvolvimento científico e tecnológico. Delimitando esse artigo a indivíduos que tenham a vontade de fortalecer seu conhecimento, apresentando assim uma linguagem simples, acessível para um leigo em conhecimento de materiais e combustíveis fósseis. A metodologia utilizada no artigo é baseada em pesquisas bibliográficas.

Palavras-chaves: materiais; metais; polímeros; petróleo; combustíveis fósseis.

¹ Graduanda de Gestão da Produção Industrial, Faex - campus de Extrema - MG, e-mail: rfcarvalho0401@gmail.com

RISERS: AN EXAMPLE OF IMPLEMENTATION AND DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS

ABSTRACT

The objective of the presented article is to express how the improvements of new materials are necessary to reach the current industrial requirements, that is, to demonstrate how new alloys contribute to the exploration of petroleum, but not only in the context of metals, also expanding to polymers. , which contribute immensely so that an effective and safe exploration is carried out, obtaining results, thus contributing goods to society, the environment and scientific and technological development. Delimiting this article to individuals who have the will to strengthen their knowledge, thus presenting a simple language, accessible to a layman in knowledge of materials and fossil fuels. The methodology used in the article is based on bibliographic research.

Keywords: materials; metals; polymers; Petroleum; fossil fuels.

1. INTRODUÇÃO

As civilizações humanas se desenvolveram a partir da utilização de materiais em seu cotidiano, podendo ser eles cerâmicos, metálicos, poliméricos ou compósitos. A partir do momento em que o Homo sapiens conseguiu obter a partir da natureza instrumentos de trabalho que possibilitavam melhores condições para realizar suas atividades de subsistência como coleta de alimentos, caça e proteção de possíveis predadores, o homem mudou suas práticas, deixando no passado sua vida nômade para ser sedentário, praticando a agricultura e outros ofícios que possibilitou a perpetuação da espécie humana.

Em pouco tempo de história da humanidade, que é relativamente curto quando comparado ao tempo de existência da Via Láctea que já chega aos bilhões, é notável como os materiais tiveram sempre presentes na fundamentação dos agrupamentos de indivíduos, somente na nossa Era Arqueozoica tivemos a Idade da Pedra Lascada, Idade da Pedra Polida e Idade do Bronze (liga de cobre com estanho) e atualmente estamos inseridos em um período da inserção de novos materiais, que possibilitam o desenvolvimento em diversas áreas, desde a tecnológica até biomédica, nessa perspectiva o aperfeiçoamento da civilização humana se baseia nas descobertas de novos materiais que foram inseridos em atividades corriqueiras.

O antigo Egito é um grande exemplo de como os materiais são fundamentais para o desenvolvimento da civilização aplicando diversos metais e ligas em sua cultura. Que ao longo de 3000 mil anos de história, com diversas oscilações políticas, econômicas e sociais, manteve-se firme com o seu império e toda sua cultura. Nesse contexto, o que possibilitou o auge desse povo foi o conhecimento e prática que tinham sobre os materiais e processos de fabricação que faziam parte do processo habitacional.

A partir do momento em que o homem começa a elaborar ligas, prática que reúne mais de um material com o objetivo de alcançar novas propriedades físicas, químicas, térmicas, elétricas, ópticas e mecânicas que atendam às suas necessidades culturais, econômicas e tecnológicas, o mundo começa a ter uma visão mais ampla para o ramo de desenvolvimento da ciência e engenharia dos materiais.

Assim, a partir dos desenvolvimentos de novas ligas foi possível a extração do petróleo encontrado nos poros de rochas subterrâneas conhecidas como rochas reservatórios, exploradas no Brasil na área offshore, “afastado da costa”. Nesse contexto a elaboração de risers com propriedades capazes de suportar o ambiente extremo do fundo mar e também do petróleo explorado, levou a humanidade a conhecer a exploração da região que possui o mineral em suas Bacias, ocorrendo um marco histórico de um novo modelo exploratório, deixando no passado a perspectiva que o petróleo somente seria explorado em terra firme.

Os risers utilizados para o transporte do petróleo das marcas da água até a plataforma, onde será realizado seu refino, ou onde transcorrerá até um local para que seja realizado o processo, tem que atender a certos requisitos em relação às suas propriedades, deve apresentar boa resistência mecânica, resistência à corrosão e resistência à oxidação além de que deve apresentar características de isolante térmico, pois o petróleo extraído possui uma temperatura diferente da do mar.

Ao decorrer deste artigo será dissertado sobre o risers utilizado na exploração de petróleo no pré-sal, com a função de ducto responsável pelo transporte do petróleo da marca da água até a plataforma. Observando seus componentes e propriedades, também será abordado em conjunto o mineral betuminoso, para que se obtenha conhecimento do mesmo, e a maneira mais adequada de ser explorado para manter suas características além de preservar o meio ambiente e todos os seres aquáticos.

2. Petróleo

Dois dias antes de sua morte o então escritor brasileiro Monteiro Lobato afirmou em uma entrevista cedida a uma rádio que “o petróleo é nosso”, após cinco anos dessa afirmação é criada a empresa estatal Petrobras, no mandato de Getúlio Vargas, em 1953, empresa que permaneceu em forma de monopólio até o primeiro mandato de Fernando Henrique Cardoso, como presidente da República do Brasil durante 1995 até 2003 firmou um capital misto, fazendo com que a empresa brasileira não fosse a única de exploração, produção, refino e distribuição no Brasil, incluindo nesse

mercado novas empresas de outros países, sendo que no período atual contamos com mais de 40 empresas atuando nesse setor.

Desde o momento em que despertamos de manhã até a finalização do nosso dia estamos rodeados por atividades cotidianas que dependem do petróleo, não enxergamos com tanta clareza a importância desse mineral em nosso cotidiano, muitos inseridos em um paradigma de que é utilizado apenas como um combustível fundamental para locomoção de automóveis, porém existe um imensidão de produtos derivados de sua exploração, sendo notável que os produtos provenientes das petroquímicas estão sendo amplamente utilizados na indústria como polímeros (matéria prima para diversos processo de fabricação como: injeção, extrusão, rotomoldagem entre outros), borrachas sintéticas, detergentes, solventes, fertilizantes, fios, fibras sintéticas etc.

Além de ser a matriz energética utilizada com maior predominância na nação brasileira e no mundo, o petróleo também contribui para o desenvolvimento de novas tecnologias, para a sua exploração, que é realizada em ambientes extremos. Também contribui para a formação de uma sociedade igualitária em questões de direitos a serem alcançadas por todos os cidadãos. A Lei 12.858, disserta ao longo de seus artigos, incisos, caputs e parágrafos sobre a destinação da participação dos lucros gerados pela exploração de petróleo, ou seja, sendo uma empresa estatal o rendimento financeiro deve ser destinado a população. Assim a aplicação do recurso financeiro é 75% para área de educação e 25% para saúde. Essa distribuição do montante tem por finalidade garantir a toda a sociedade brasileira o acesso a direitos fundamentais que são citados ao longo do 5º artigo da Constituição Federal de 1988.

Quando pensamos em petróleo no Brasil é remetido em nossas mentes a então foto de Getúlio Vargas com as mãos contendo o mineral, registro da década de 1940, mas a história do petróleo na nação brasileira começou a milhões de anos atrás, quando ainda éramos o continente de Gondwana (América do sul, Antártica, África, Índia e Austrália).

O mineral betuminoso, teve sua formação a partir de matéria orgânica. "Com o tempo, a transformação de matéria orgânica é processada por intermédio de reações químicas, bacteriológicas, pressão das camadas sobrepostas e ação do calor. Tais

fatores reunidos provocam a destilação da matéria orgânica para formar o petróleo” (Popp, 2017, p.269).

A formação do petróleo ocorre na rocha geradora, que posteriormente passará para a rocha reservatório que é coberta por uma rocha impermeável, que tem finalidade impossibilitar a passagem do óleo para as outras rochas.

Existe um paradigma em relação a como o petróleo é encontrado nas camadas subterrâneas, onde muitos são rodeados pelo pensamento de que o mineral está disposto como um imenso lago de fonte energética, porém isso não passa de uma mera ilusão. O mesmo é explorado das rochas reservatórios onde fica contidos nos poros das rochas, assim é prescindível a rocha possuir a característica de porosidade que permite o armazenamento, servindo como uma armadilha. Assim o combustível fóssil "ficará retido, ocupando ou os poros das rochas sedimentares ou as fissuras das rochas ígneas e metamórficas" (Popp, 2017, p.270).

Para que ocorra a formação do hidrocarboneto são necessários diversos aspectos críticos como temperatura, pressão e rochas de armazenamento. O maior produtor de petróleo na atualidade é o Golfo Pérsico, porém o mineral encontrado na Ásia não tem o mesmo período geológico do que aquele explorado no Brasil, cada petróleo tem um tempo, assim um podendo ser mais novo que outro, possuindo características diferentes como a densidade. Podemos citar como exemplificação dessa divergência de propriedades o período geológico de formação do petróleo, o próprio Brasil, onde é explorado, cada bacia tem um nível de densidade, isso remonta a maneira como foi formado a milhões de anos atrás. Dessa forma cada um tem um formato de formação, e a partir dela serão tomadas as decisões relacionadas à exploração.

Primeiramente é necessário realizar uma prospecção, onde será realizado uma avaliação de onde se encontra o petróleo, quantidade e propriedades. Após a prospecção é realizado um estudo se é viável efetuar e exploração e quais vão ser as tecnologias necessárias. Nessa perspectiva a exploração do pré-sal que é realizada no Brasil necessita de uma grande amplitude de tecnologia, pois os materiais utilizados no processo necessitam de resistência para suportar os ambientes

extremos do mar e do material explorado que está em alta temperatura e possui propriedades críticas.

A exploração do pré-sal é a que mais recebe amplitude, mas não podemos nos esquecer de que no Brasil também possuímos a exploração em terra firme e no pós-sal que foi explorado antes mesmo da descoberta da nova fonte de exploração.

Mesmo sendo formado a partir de deposição de matéria orgânica é de extrema importância salientar que ele é considerado um recurso não renovável, sendo considerado um material que será esgotado com o tempo, nesse cenário capitalista em que estamos inseridos é de extrema importância a conscientização da utilização desse recurso, que acarreta para o meio ambiente a liberação de carbono contido nas camadas profundas da terra. Por fim, a exploração de forma irresponsável pode levar à morte de seres aquáticos devido ao fato da contaminação do seu habitat provenientes do combustível fóssil explorado, sendo relevante desenvolver tecnologias e materiais que tragam uma exploração consciente, sem trazer malefícios a nenhum dos envolvidos, a fim de alcançar uma sustentabilidade.

3. Pré-sal

O pré-sal é denominado dessa forma pela sua localização e pelos constituintes que estão presentes acima de suas camadas, no território brasileiro está presente entre a Bacia de Campos e Santos. Foi formada a milhões de anos atrás, com condições de temperatura, clima e atmosfera diferentes das que conhecemos hoje, isso faz com que a sua formação seja longa e dependa de inúmeros fatores que somente certos períodos geológicos podem fornecer.

Para compreender como ocorreu a formação do pré-sal é necessário ter conhecimento sobre a teoria da deriva continental, desenvolvida pelo alemão Alfred Lothar Wegener, ideia científica que não ganhou grande magnitude quando publicada no início do século XX, mas que devido a grandes avanço em desenvolvimento científico ganhou sua credibilidade, em função também a outras teorias que auxiliam a sua compreensão, tais como a Tectônica de Placas, que descreve os movimentos das placas que fazem parte crosta terrestre, além de retratar como elas funcionam

como moldantes da terra, ou seja, como ela executa um trabalho artístico magnífico, moldando montanhas, oceanos e continentes, como também é o agente responsável por abalos sísmicos e maremotos, que afetam diariamente diversas comunidades sociais mundiais. Também existem provas arqueológicas para sustentar a teoria da deriva continental, podemos citar entre as diversas existentes o fato de material fóssil e amostra de rochas com propriedades iguais serem encontradas na América do Sul e África. Ademais temos a semelhança com o contorno do continente. Na contemporaneidade além de termos diversos recursos tecnológicos capazes de comprovar a teoria temos a perspectiva de que planeta terra contém dezesseis placas tectônicas importantes que moldam as paisagens, assim tendo como uma das principais a placa sul-americana que é responsável pelo afastamento do continente africano com o sul americano em cinco centímetros todo o ano. Em suma, as placas trabalham como um quebra cabeça do planeta terra, que a milhões de anos realiza mudança no relevo.

No começo dos tempos ainda éramos uma pangeia, do grego “toda terra”, um aglomerado de terra que abrangia todos os continentes, formado durante a era Paleozoica. Há 180 milhões de anos atrás a pangeia sofreu um processo de separação Leste-Oeste que formou dois continentes: Gondwana e Laurásia. Os subcontinentes por sua vez desmembraram-se, formando diversas partes que ao longo do tempo se moveram devido ao fato das atividades de placas tectônicas. Nesse cenário o Gondwana há cerca de 130 milhões de anos atrás, no período cretáceo, se fragmentou formando a América do Sul, África, Índia Antártida e Austrália, essa separação dos continentes contribui para o início da formação do oceano Índico e Atlântico.

Com o início da formação do oceano atlântico também tivemos o início da formação do pré-sal. Portanto, a partir da separação da terra ocorreu diversos fatores que contribuíram para a formação do que hoje conhecemos como pré-sal, com a deposição de matéria orgânica que com fatores físicos e químicos formam o mineral betuminoso, que conhecemos popularmente como petróleo.

O progredimento das bacias situadas no litoral brasileiro está relacionado a quatro estágios paleogeográficos. Apresentando um florescimento na respectiva

ordem: continente, lago, golfo e por fim oceano. Evolução que é bem detalhada nas fases dos riftes.

Nas partes mais baixas das bacias ocorreu a deposição de sedimentos ricos em matéria orgânica (fitoplâncton) que devido ao fato de ações de temperatura, pressão e condições climáticas, acarretou a formação de hidrocarbonetos.

“O contínuo afundamento do assoalho da bacia, o clima quente, a salinidade da água e as altas taxas de evaporação permitiram a formação do pacote de sal, uma espessa sucessão de evaporitos com até 2.500m de espessura.” (Chang et al., 1990).

No último estágio ocorre a formação do oceano atlântico sul, onde o continente americano e africano passa por um processo de distanciamento, que ocorre até o período atual, assim fornecendo condições específicas para que ocorra o processo de desenvolvimento do hidrocarboneto, com reservatórios diferentes uns dos outros, com corpos rochosos com características distintas, podendo umas apresentarem mais porosidade e permeabilidade que em outros reservatórios situados na mesma bacia.

Para finalizar o processo de formação do pré-sal é de suma importância compreender a funcionalidade da camada de sal que cobre a rocha, onde fica armazenado o mineral, que tem por finalidade agir como uma barreira protetora que impossibilita a passagem do combustível fóssil para outras rochas, fazendo assim que o mesmo fique armazenado nas rochas reservatórios que possuem características adequadas para sua retenção.

O Brasil conta com 4 Bacias de reservas de petróleo: Bacia do Espírito Santo, Bacia de Campos, Bacia de Santos e Bacia de Pelotas, que possuem mineral betuminoso em suas rochas reservatórios, com potencial de exploração.

A finalidade de apresentar o pré-sal nesse artigo é de descrever como ocorreu sua formação e como o material explorado se encontra nele armazenado. Sua compreensão é essencial para termos conhecimento relacionado a em que camadas ele se encontra, além de uma perspectiva de contexto geológico, desenvolvendo um olhar crítico em relação a como ele demorou milhões de anos para se formar, em condições específicas e como sua exploração representa um amplo desenvolvimento tecnológico e científico que atualmente estamos sendo contemplados.

4. Risers

O riser é um tubo em formato cilíndrico responsável pelo transporte do combustível fóssil explorado no pré-sal, do poço até o leito marinho, aos navios e plataformas na superfície, em sua é um elemento indispensável no processo de exploração.

Sendo composto por três camadas em princípio: polipropileno (material polimérico), aço carbono (material metálico) e INCONEL 625 (superliga a base de níquel).

Cada material empregado tem uma funcionalidade, que será apresentada posteriormente. Conhecer sobre todos os materiais que fazem parte do riser elucidam nossas mentes em questão de como cada produto escolhido para a sua construção é selecionado a partir das suas propriedades, pois o ambiente em que os mesmos serão expostos é extremamente crítico, tanto em questão do meio ambiente como também os meios para ser realizado os trabalhos.

Vale salientar que o riser é utilizado tanto na exploração do petróleo de forma offshore como também em ambiente terrestre.

4.1. Superligas

O termo superligas vem ganhando cada vez mais espaço nos estudos de desenvolvimento de novos materiais, fazendo com seja unida as propriedades desejadas de um determinado elemento para constituir um novo produto que atenda às necessidades industriais, econômicas, tecnológicas e sociais.

As superligas podem ser divididas em três grandes grupos, a partir da sua composição, sendo elas: superligas de cobalto, superligas de ferro e por fim superligas de níquel.

Sua definição é de ligas que apresentam como características propriedades que não são encontradas em outras ligas convencionais que estão no mercado (como as ligas de ferro, que a partir da sua composição em relação a porcentagem de

carbono pode ser denominado aço, e com elementos misturados a essa ligas podem receber outras denominações).

O desenvolvimento de superligas alcançou o seu apogeu com as revoluções industriais que o mundo vem passando, sendo essencial neste período o alcance de novos materiais que atendessem as necessidades do ser humano. Porém temos que ter compreensão de que toda inclusão de um material no mercado possui propriedades que atendem a um ônus e um bônus, ou seja, mesmo recebendo uma espaço grande na esfera industrial, a mesma possui vantagens e desvantagens que vão atender a um grupo específico, podemos citar como uma exemplificação desse fator os materiais INCONEL que cada um possui uma aplicação específica, apresentando propriedades que geralmente não são encontradas em ligas convencionais, porém seu valor comercial é muito alto, causando restrições em relação ao seu uso, quando existe uma limitação de capital para aplicação do material. Nos risers que serão apresentados ao decorrer deste artigo é notório como o INCONEL 625 é essencial para que ocorra um funcionalidade adequada do tubo que realiza o transporte do combustível fóssil do poço, no leito marinho até os navios e plataformas nas superfícies, fazendo com que o mesmo obtenha o resultado desejado na exploração, nessa perspectiva com o valor elevado no mercado é utilizado o aço carbono em sua substituição, colocando sobre o mesmo uma camada da superliga que é capaz de alcançar a funcionalidade esperada.

4.2. Polipropileno

Conhecido popularmente como PP é um termoplástico, ou seja, que tem a capacidade de se modificar conforme elevação de temperatura e pressão, possuindo também a capacidade de reciclagem, ou seja, após a primeira modelagem passando por processos de adequados pode aderir a um novo modelo, assim seguindo com o que é esperado do mesmo. Está entre uma das commodities mais comercializadas no contexto global, no âmbito polimérico.

Sua aplicação no risers está relacionada à questão do revestimento do aço de carbono, assim estando em contato direto com a água oceânica. Portanto sendo

essencial esse revestimento, pois garante que os metais não entrem em contato direto com a água, que está a uma temperatura abaixo do material betuminoso explorado, nesse cenário a aplicação do PP corresponde a uma ação de isolante térmico, assim garantindo o escoamento do material explorado sem alterar ou prejudicar suas propriedades.

Por fim, a região polimérica tem como princípio proteção mecânica contra eventuais impactos que está exposta, além de exercer a função de anti corrosiva contra a ação do meio ambiente hostil em que está exposta.

4.3. Aço carbono

A classificação de aços é obtida a partir do sistema SAE, que disponibiliza a designação e o tipo de aço. Nesse contexto o aço carbono recebe o designativo de 10XX, ou seja, os “X” apresentado representa a porcentagem de carbono no elemento, um dos mais conhecidos e amplamente utilizado no mercado é o 1020, que em sua composição exibe um aço com percentual de 0,20% de elemento carbono. Portanto, esse material não apresenta nenhum outro elemento de liga em sua composição.

O carbono se faz necessário no aço e seu percentual faz com que o mesmo receba essa nomenclatura, pois ao ultrapassar uma quantidade de 2,11 ele passa a receber o nome de ferro fundido, que possui diversas ramificações que fazem o mesmo receber os nomes adequados conforme características apresentadas.

Dentre o sistema SAE, o aço pode apresentar substâncias além do ferro e carbono que contribuem para a melhoria de propriedades quando é requisitado em projetos.

O aço carbono utilizado no riser tem a função de servir como um revestimento para o INCONEL 625, pois o mesmo apresenta um preço relativamente alto de mercado, o aço também apresenta como propriedade a condutividade térmica que possibilita a dispersão de calor no metal, ou seja, minimiza a variação de temperatura, assim reduzindo a probabilidade de o material aderir a uma fadiga térmica.

4.4. INCONEL 625

Super liga a base de níquel, elemento metálico com tonalidade branco prateado, com número atômico igual a 28 e massa de 57, com estrutura cristalina cúbica de face centrada não possui característica de transformações alotrópicas de fase, que são observadas tanto no ferro como no cobalto.

“A liga 625 teve seu desenvolvimento iniciado na década de 1950 visando seu uso em tubulações de vapor superaquecido.” (SILVA E MEI, 2021, p.375).

A liga possui em sua composição os seguintes elementos: cromo (21%), molibdênio (8%) e nióbio (3,5%), em uma base de níquel.

Suas principais propriedades são a resistência à oxidação, corrosão e mecânica, podendo trabalhar em baixas e altas temperaturas.

Dentre os componentes do INCONEL 625 temos o cromo que proporciona a liga uma maior resistência à corrosão, apresentando um teor superior a 20% o elemento contribui para o aumento de resistência a corrosão em altas temperaturas, auxiliando também nas propriedades mecânicas, devido ao mecanismo de endurecimento por solução sólida. Já o molibdênio proporciona a liga a resistência mecânica por solução sólida e por fim auxilia na liga em relação a constância a corrosão por fresta e pites, assim contribuindo fortemente para o aumento da resistência à corrosão do ambiente.

“Essa liga oferece uma combinação extraordinária de resistência à corrosão em diversos meios, inclusive água do mar e ambientes submarinos, e propriedades mecânicas muito boas.” (SILVA E MEI, 2021, p.375).

A aplicação do INCONEL 625 não se limita apenas aos risers, na exploração do petróleo na região offshore, onde são obtidos os produtos derivados de combustíveis fósseis, tais como a gasolina e diversos óleos. Assim estando presente na indústria aeronáutica e outras diversas indústrias que tenham como requisitos de materiais as propriedades presentes no mesmo.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento na exploração do petróleo requisitou tanto da engenharia como a ciência dos materiais o aprimoramento de ligas que atendessem as necessidades de propriedades, assim sendo essencial um material com resistência à oxidação e corrosão além da resistência mecânica. Nesse cenário, a elaboração dos materiais se fez necessário para a humanidade alcançar novos meios de se desenvolver no âmbito de exploração petrolíferas que proporcionam à sociedade diversos benefícios.

É importante salientar que além de exploração de petróleo ter sido um grande responsável para a concepção de novas ligas relacionadas aos metais ele também é um imenso contribuinte para o aprimoramento de materiais poliméricos devido ao revestimento externo do risers.

No início a exploração do petróleo andava a passos lentos, porém com toda a tecnologia desenvolvida ao decorrer dos anos o mesmo alcançou o apogeu. Com todas as reservas de combustível fóssil que o Brasil contempla é de suma importância a sua exploração, para contemplação de desenvolvimento da sociedade e ciência.

Buscar compreender como se formam as reservas de petróleo e a forma como é explorada elucidam as dúvidas do ser humano em questão de como limitações que foram instauradas a décadas atrás não podem ser perpetuadas no pensamento da humanidade, onde muitos limitavam as explorações, mas como é visto na atualidade essa commodity auxilia imensamente no PIB do país e também em seu aprimoramento.

A exploração de combustíveis fósseis é algo extremamente crítico, não só pelo fato de ser realizado em modelo offshore, com uma lâmina da água que pode ser superior a dois mil metros, mas também pelo fato que os materiais que devem ser utilizados devem seguir determinados requisitos em relação às suas propriedades, para que o recolhimento de material betuminoso ocorra de uma forma eficiente.

Nesse cenário tanto os metais como os materiais poliméricos são amplamente estudados para que possam ser implementados na exploração do petróleo, com as

análises dos materiais estamos abrangendo horizontes para outros segmentos industriais como aeronáutica e naval.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial**. 1ºed. São Paulo: Érica, 2014.

MEI, Paulo Roberto; SILVA, André Luiz V. da Costa. **Aços e Ligas Especiais**. 4ºed. São Paulo: Blucher, 2021.

POPP, José Henrique. **Geologia Geral**. 7ºed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
Conheça curiosidades sobre equipamentos de nossos sistemas submarinos. **Fatos e dados Petrobras**, 2015. Disponível em <<https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-curiosidades-sobre-equipamentos-de-nossos-sistemas-submarinos.htm>>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

TAVARES, FLÁVIA. O dilema existencial da Petrobras. E a solução para acabar com ele. **Super Interessante**, São Paulo, n. 392, p. 8-9, agosto de 2018.

SMITH, William F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5ºed. Porto Alegre: AMGH, 2012.