



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO – PROGRAD
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO**

VALÉCIA DANTAS DE SOUZA

**TESTE E SELEÇÃO DE PRODUTOS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA
PRODUZIDA E ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR.**

**MOSSORÓ/RN
2019.1**

VALÉCIA DANTAS DE SOUZA

**TESTE E SELEÇÃO DE PRODUTOS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA
PRODUZIDA E ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR.**

Relatório de estágio apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia do Petróleo.

Orientador: Prof. Dr. André Luís Novais Mota

MOSSORÓ/RN
2019.1

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S719t Souza, Valécia Dantas.
TESTE E SELEÇÃO DE PRODUTOS PARA TRATAMENTO DE
ÁGUA PRODUZIDA E ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR /
Valécia Dantas Souza. - 2019.
33 f. : il.

Orientador: André Luis Novais Mota.
Relatório (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Petróleo, 2019.

1. Agena. 2. Petróleo. 3. Indústria. 4.
Efluente. 5. Especialidades químicas. I. Mota,
André Luis Novais , orient. II. Título.

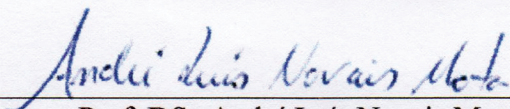
VALECIA DANTAS DE SOUZA

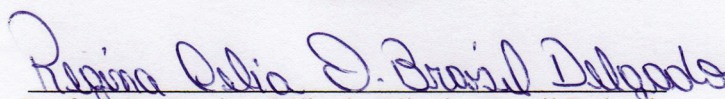
**RELATÓRIO DE ESTÁGIO: TESTE E SELEÇÃO DE PRODUTOS
PARA TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA E ÁGUA PARA
GERAÇÃO DE VAPOR.**

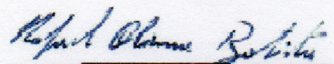
Relatório de estágio apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia do Petróleo.

Defendida em: 13/08/ 2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. DSc André Luís Novais Mota
Presidente


Prof.^a DSc. Regina Célia de Oliveira Brasil Delgado
Membro Examinador


Prof. DSc. Rafael Oliveira Batista
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais Veriana e Valmir. Vocês são a razão de cada um dos meus dias.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida. A meus pais tão amados, Veriana Dantas, pela sensibilidade de ser exemplo de amor e educação e Valmir Mauricio que me ensinou a humildade e respeito pelo próximo. Agradeço pelo amor incondicional, por enfrentarem tantas dificuldades, com tanta garra e paciência com a qual batalharam, em prol do melhor para meus irmãos, tão queridos, e também por mim.

Aos meus amigos, que me fortaleceram com suas palavras de encorajamento, estando ao meu lado nos momentos que precisei de apoio. Especialmente nesses últimos meses por me ouvir e oferecer auxílio, agradeço a Igor Estevão, Madalena Freire, Ronildo Nicodemos, Beatriz Ferraz, Jardel Paiva, Artur Bastos e ao professor Jardel Dantas, sei que enchi a paciência de vocês.

Agradeço ao meu professor orientador Dr André Luís Novais Mota por toda paciência e disponibilidade. Aos professores Rafael Batista Oliveira e Regina Célia Brasil pelo apoio e orientação no decorrer do curso.

A Agena e meus colegas de trabalho que me auxiliaram diversas vezes, meu supervisor Júlio César, gerente Wagner Borges. A Adriana, Elen, Gabriela, Danilo e Andrew por todas as vezes que liguei e me ajudaram. Ao amigo Gerson Santos pela parceria durante os trabalhos.

Finalmente agradeço a Ufersa por disponibilizar estrutura necessária ao desenvolvimento acadêmico e a técnica Daianni Ariane pela sua colaboração, às queridas e atenciosas zeladoras do bloco 6 (Zélia e Elizoneide).

*“Ao longo da história do petróleo... nenhum outro negócio define de forma tão completa e radical o significado do risco e da recompensa”
(Daniel Yergin).*

RESUMO

A necessidade da racionalização da água nos mais diversos setores que a utilizam tem tornado recorrente o reuso de materiais e a aplicação de métodos para o aproveitamento de tais materiais e/ou resíduos nos sistemas produtivos. Dentro da indústria existem empresas e profissionais especializados em gerir materiais com foco no aumento da eficiência e uso ou aplicação de novas tecnologias. Assim, este relatório apresenta as práticas realizadas em formato de estágio curricular realizado na Agena Resinas e Colas LTDA, uma empresa que foi fundada buscando excelência no fabrico de soluções químicas para indústria, com objetivo de solucionar problemas de processo com o desenvolvimento e produção de aditivos químicos e produtos especiais para a indústria de petróleo. A aprendizagem foi realizada no setor de petróleo, onde se busca selecionar e melhorar soluções químicas para tratamento de águas nas diversas etapas do processo. O foco dado foi em tratamento de águas, devido ser um setor crescente no qual se deseja otimizar eficiência nos tratamentos dos efluentes. Durante a prática profissional foram realizadas atividades de verificação de fórmulas para dois tipos de efluentes: água produzida de um campo da Bacia Potiguar e água retirada de um rio local para geração de vapor. Os ensaios têm objetivo de verificar funcionalidade de polímeros industriais prontos para uso, seleção de produto que apresente melhor eficiência visual com posterior aferição dos parâmetros de tratamento como dosagens, diluições e verificação de qualidade visual almejando especificação posterior, da água tratada em parâmetros requeridos. Ao final foi possível verificar metodologias distintas para cada tipo de efluente visando alcançar resultados que expliquem o funcionamento das fórmulas e as soluções criadas como alternativa viável para indústria, embasadas no *Know-How* e experiências de mercado da empresa. Foi possível observar como o trabalho de uma indústria de especialidades químicas pode agregar valor à indústria gerando menos desperdício, aumentando eficiência de processos e criando oportunidades de negócio com material outrora tido como resíduo. A experiência contribuiu para o entendimento de aplicação das teorias vistas na academia e aproximação de um nicho de mercado ao qual se pode introduzir o engenheiro de petróleo, desenvolvendo habilidades e ampliando a visão para o mercado de trabalho, impactando positivamente na formação.

Palavras-chave: Agena. Petróleo. Indústria. Efluente. Processo. Especialidades químicas.

ABSTRACT

The need for rationalization of water in various sectors that use it has made recurring the reuse of materials and the application of methods for the use of such materials and / or waste in production systems. Within the industry there are companies and professionals specializing in materials management focused on increasing efficiency and using or applying new technologies. Thus, this report presents the practices carried out in a curricular internship format performed at Agena Resinas e Colas LTDA, a company that was founded seeking excellence in the manufacture of chemical solutions for industry, aiming to solve process problems with the development and production of additives, chemicals and specialty products for the oil industry. The apprenticeship was carried out in the oil sector, where it seeks to select and improve chemical solutions for water treatment in the various stages of the process. The focus was on water treatment, as it is a growing sector in which it is desired to optimize effluent treatment efficiency. During the professional practice, formula verification activities were performed for two types of effluents: water produced from a Potiguar Basin field and water taken from a local river for steam generation. The tests aim to verify the functionality of ready-to-use industrial polymers, product selection that presents better visual efficiency with subsequent measurement of treatment parameters such as dosages, dilutions and visual quality verification aiming at further specification of treated water in required parameters. In the end it was possible to verify different methodologies for each type of effluent in order to achieve results that explain the operation of the formulas and the solutions created as a viable alternative for industry, based on the know-how and market experiences of the company. It was possible to observe how the work of a specialty chemicals industry can add value to the industry by generating less waste, increasing process efficiency and creating business opportunities with waste material. The experience contributed to the understanding of the application of the theories seen in the academy and the approach of a niche market to which the petroleum engineer can be introduced, developing skills and broadening the vision for the job market, positively impacting the formation.

Keywords: Agena. Petroleum. Industry. Effluent. Process. Chemical specialties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O papel da água na cadeia produtiva da indústria petroquímica	14
Figura 2: Imagens da fábrica.....	17
Figura 3: Laboratório de Petróleo da Ufersa	18
Figura 4: Laboratórios da Agena.....	18
Figura 5: Exemplo de estação de tratamento de água produzida (ETAP).....	20
Figura 6: <i>Jar Test</i> Compacto.....	24
Figura 7: Coagulação e floculação no <i>Jar Test</i>	25
Figura 12: Aparência de lodo floculado com excesso de produto.....	26
Figura 13: Aparência de fluido com formação de floco.....	27
Figura 8: Exemplo de teste de funcionalidade de um produto que não foi aprovado para próxima etapa (otimização de dosagem).....	27
Figura 9: Exemplo de teste com produto que foi aprovado para a fase de otimização	28
Figura 10: Polieletrólito A na dosagem otimizada	28
Figura 11: Polieletrólito B na dosagem otimizada	29
Figura 14: Aparência do lodo com superdosagem	30

SUMÁRIO

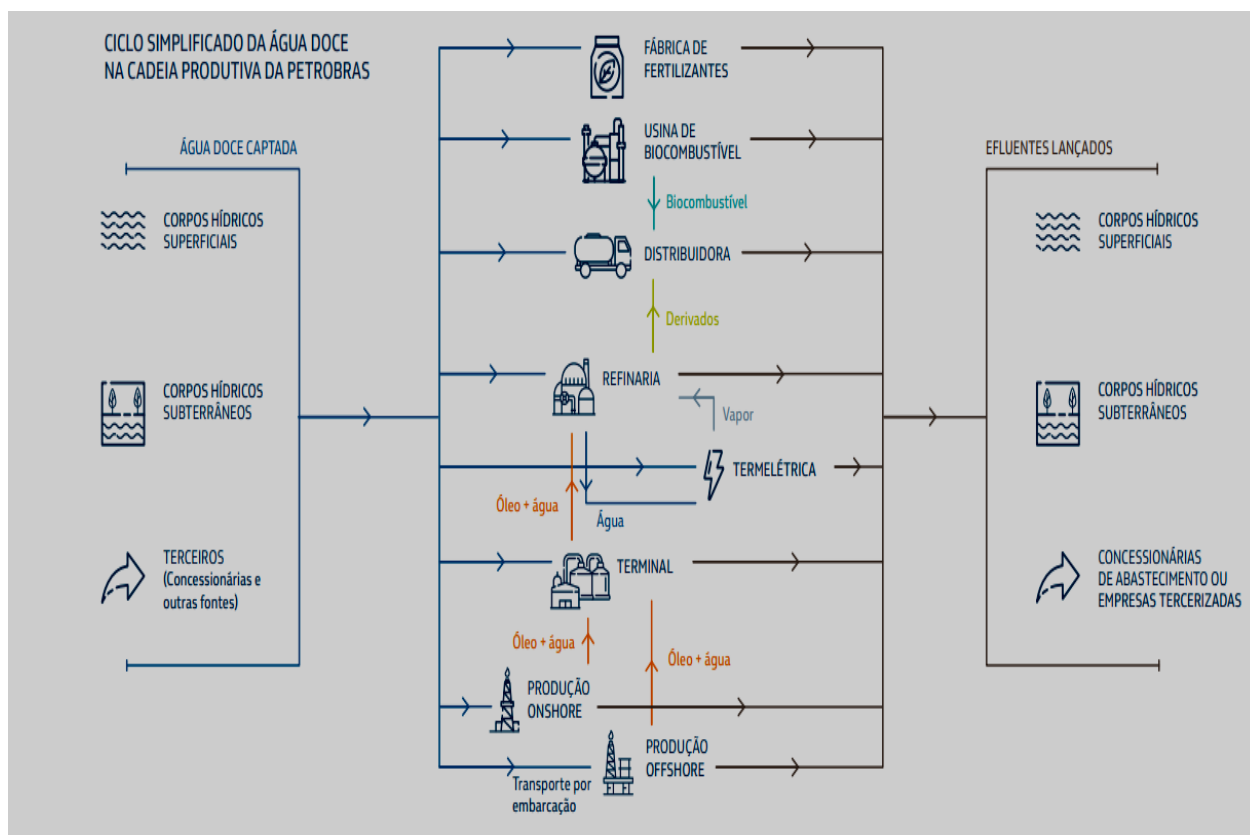
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVO GERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO	16
2. A EMPRESA	16
2.1. SETOR DE VÍNCULO DO ESTÁGIO	17
2.2. LOCAL DE TRABALHO	17
3. ÁGUA	18
3.1. ÁGUA PRODUZIDA E PROCESSO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA (ETAP)	19
3.2. ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR E PROCESSO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)	21
4. ATIVIDADES REALIZADAS	22
4.1. ÁGUA PRODUZIDA	23
4.1.1. TESTES COM <i>JAR TEST</i>	24
4.2. TESTES COM ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR	25
4.2.1. ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

Dada importância de um bem tão precioso para os seres humanos como a água, na indústria não seria diferente. Os diversos ramos industriais geram efluentes com diferentes volumes e composições físicas, químicas e biológicas. Essas características variam de acordo com as atividades praticadas por cada indústria e com os materiais e substâncias utilizadas ou geradas em seus processos de produtivo.

A água desempenha papel de destaque nos processos industriais, tanto na forma de insumo para desenvolver produtos quanto no papel de resíduo, esse último nada desejado, especialmente na indústria petrolífera. O petróleo é a principal fonte de energia utilizada como combustível, sendo constituído por centenas de diferentes substâncias químicas, embora a maioria dos constituintes seja hidrocarbonetos. Os processos que compreendem a geração de resíduos aquosos na indústria petrolífera ocorrem em diversas etapas do sistema. A figura 1, apresenta uma simplificação do papel da água neste.

Figura 1: O papel da água na cadeia produtiva da indústria petroquímica



Fonte: Relatório de ÁGUAS NA PETROBRAS.

Na figura 1 é possível observar o quanto a água está presente em todas as etapas do processo. O enfoque está nas águas representadas na cor laranja, conhecidas como águas produzidas e efluentes. Nesse contexto, tendo como referência dados estatísticos da Petrobras, no ano de 2017 foram descartados 293,2 milhões de metro cúbicos (Mm^3), incluindo efluentes de natureza industrial e água produzida oriunda dos processos de produção de petróleo. Todo esse volume é tratado e apenas uma pequena parcela é reutilizado. Em crescimento, a taxa de reuso tem sido cada vez maior a cada ano, para tanto os processos de tratamento e controle tem se intensificado e se tornado mais eficientes.

O tratamento de águas residuárias ou efluentes é um conjunto de processos físicos, químicos e/ou biológicos que, aplicados ao fluído, permitem retirar contaminantes e impurezas até os níveis desejados. Controlar e monitorar efluentes industriais não se trata de uma atividade simples, a grande maioria dos resíduos provenientes da indústria sequer recebe tratamento primário. Pensando nisso, o trabalho compreende considerar as variáveis que importantes do fluído, que devem ser quantificados para que sejam posteriormente monitorados e tratados adequadamente e seguir a destinação final.

A legislação brasileira define que as indústrias são responsáveis pelo tratamento da água e de seus efluentes. Também são caracterizados por lei os padrões de qualidade dos corpos de água que receberão cada tipo de efluente tratado. As empresas que não respeitam as leis e decretos de defesa do meio ambiente são multadas e penalizadas pelos órgãos ambientais que fiscalizam o tratamento e descarte irregular dos efluentes ou outros casos de descumprimento da lei. (DINÂMICA AMBIENTAL, 2013).

Existe uma demanda crescente por tratamento de águas industriais. Para atender as especificações requeridas pela legislação, a busca por novos processos de tratamento para água produzida é particularmente importante quando se verifica que a produção de petróleo tem aumentado consideravelmente ao longo dos anos. Segundo dados do boletim mensal da ANP referentes ao mês de junho de 2019, no Brasil, foi produzido um volume de 2,557 MMbbl.dia⁻¹ (milhões de barris por dia) de óleo (ANP, 2019). Nesse contexto, se o óleo é a fração menor do fluído produzido, de acordo com Thomas, 2001, cerca de 98% de água produzida, podemos ter o volume de água produzida em torno de 500 MMbbl.dia⁻¹, e o tratamento da mesma se torna uma necessidade imediata de mercado.

1.1. OBJETIVO GERAL

Contribuir para a formação discente dando embasamento técnico, aliando a teoria às práticas na área da Engenharia de Petróleo, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao exercício da profissão.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO

Preparar o discente para atender requisitos desejados ao profissional que deve desempenhar o serviço visando agregar valor aos produtos e serviços, trazendo crescimento para sociedade e para indústria de forma eficiente e sustentável.

Auxiliar no entendimento do processo prático de exploração de hidrocarbonetos e dar direcionamento às ações para inovação tecnológica nos diversos nichos e sub-nichos do setor.

Apresentar de forma simplificada como é realizado o trabalho de uma companhia de fornecimento de produtos e serviços que agregam valor à produção de petróleo.

Mostrar o papel do profissional do petróleo com sensibilidade crítica para identificar, formular e resolver problemas referentes ao tratamento de efluentes.

Desenvolver o aprendizado prático da seleção de especialidade química para um determinado fluido e aprimorar a competência de comunicação técnica e avaliação crítica da qualidade de tratamento.

2. A EMPRESA

A Agena Resinas e Colas LTDA é uma empresa nacional de capital privado de grande porte que atua há mais de 50 anos no setor petroquímico brasileiro. A empresa tem sede na cidade de Nova Iguaçu no estado do Rio de Janeiro e conta com uma estrutura fabril de 12.000 m².

A fábrica dispõe de equipamentos para mistura de líquidos, tanques e reatores de aço inoxidável com capacidades de 100 a 25.000 litros, misturadores de pó e moinhos, todos adequados para garantir a uniformidade dos produtos; sistema de refrigeração de reatores; sistema de aquecimento por fluido térmico (até 250 °C); instalação para lavagem e recuperação de embalagens; parque de tanques para recebimento de matérias-primas a granel;

oficina de manutenção. Na figura 2 são apresentadas imagens que mostram e dão ideia da dimensão dessa estrutura fabril da empresa.

Figura 2: Imagens da fábrica.



Fonte: www.agena.com.br.

A empresa tem notoriedade especialmente no ramo de lubrificação de processos (usinagem, trefilação, estampagem, etc.), aditivos e fluidos para perfuração e produção de petróleo, limpeza industrial, compostos para fabricação de circuitos impressos e para manutenção industrial e institucional. A AGENA atende clientes em todo o Brasil através de representantes técnicos e sua principal característica é a dinâmica de atuação, apresentando flexibilidade e administração focadas na solução de problemas.

2.1. SETOR DE VÍNCULO DO ESTÁGIO

O setor ao qual o estágio está vinculado é o de petróleo. Neste estão inseridos materiais e métodos de seleção, desenvolvimento e produção de especialidades químicas para tratamento de petróleo, gás e água produzida nas diversas etapas do processo de exploração, exploração e refino. Também são produzidos produtos para fluidos de perfuração e completação.

2.2. LOCAL DE TRABALHO

A AGENA atua como empresa auxiliar nas operações da indústria petrolífera, fornecendo soluções químicas para facilitar problemas operacionais que possam existir devido aos contaminantes dos fluidos e hidrocarbonetos. O campo de atuação é a área onde o cliente produz, seja jazida, planta operacional, refinaria, etc. O local de trabalho é definido de acordo com a demanda, no entanto em geral amostras são recolhidas para análise e testes em

laboratório (ou mesmo no próprio campo do cliente) para testes mais refinados, seleções ou desenvolvimento de produtos adaptados à realidade do problema.

Para o período do estágio ficou definido que os testes seriam realizados no Laboratório de Fluídos da Ufersa, para manter um ambiente controlado com mais possibilidades de testes, caso necessário. O estágio seguiu com flexibilidade de horário e cronograma adaptado à demanda recebida. Iniciado pela verificação dos procedimentos internos da empresa, normas regulamentadoras relativas aos testes a serem realizados e também os procedimentos de utilização do laboratório da universidade. As figuras 3 e 4 apresentam os Laboratórios onde ocorreram os testes.

Figura 3: Laboratório de Petróleo da Ufersa



Fonte: Cedida pela técnica Ufersa.

Figura 4: Laboratórios da Agena.



Fonte: Foto cedida pela Agena.

3. ÁGUA

O fluido utilizado para os testes foram água de dois tipos, água produzida e água doce para geração de vapor. Devido à disparidade de tratamentos, houve necessidade de pesquisa

para diferenciação dos conceitos e metodologias aplicadas aos ensaios experimentais dos efluentes e seus tratamentos.

3.1. ÁGUA PRODUZIDA E PROCESSO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA (ETAP)

A água produzida é denominada assim por se tratar da água conata ou de formação que, juntamente com o petróleo, foi extraída do reservatório e chegou à superfície (FAKHURU'L-RAZI et al, 2009).

De acordo com Thomas (2001), a quantidade de água produzida vai depender das condições em que ela se apresenta no meio poroso, podendo ter origem também em acumulações de água, chamada de aquíferos. O autor comenta que para cada $\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$ de petróleo produzido há geração de três a quatro vezes o volume de água, sendo que esse número pode ser ainda maior a depender do campo. Nas atividades de exploração, perfuração e produção, a água produzida pode representar até 98% de todos os efluentes gerados.

Toda essa água destinada ao tratamento pode conter concentrações em altos teores dos diversos parâmetros regulados pelo Conama 430. O parâmetro de comparação nos testes foi inicialmente qualidade visual apenas para habituação as atividades de mercado no estágio.

De forma simplificada o processo de tratamento primário da água produzida em campo segue as seguintes etapas (esquematisado na Figura 5):

1 – Separação gravitacional da fase água/óleo (A/O), realizada em vasos separadores ou mesmo tanque cortador. Nesta etapa, o intuito é separar a fase óleo da água livre;

2 – Flotação ou tanque Skime (origem Skim – desnatar, Skime significa lodo), onde há injeção de produtos polieletrólitos na entrada e no caso do flotador há ainda flotação com ar dissolvido. Neste ponto do processo temos o início do tratamento da fase água oleosa com a dosagem de um polieletrólito e pode ser potencializado com a adição de ar dissolvido que auxilia elevando as partículas de menor densidade para superfície;

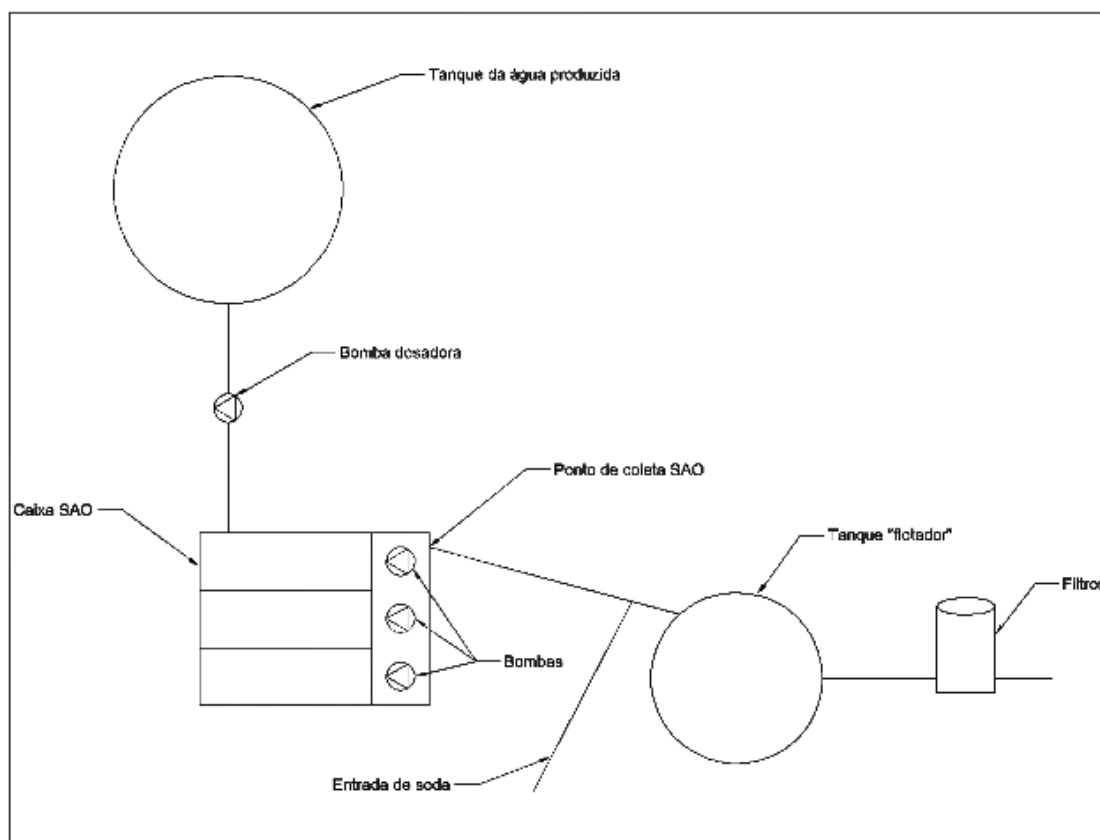
3 – Decantadores ou Caixas de separação água/óleo (S.A.O), nesta etapa há uma redução do gradiente de velocidade no fluxo para haver a separação da fase coagulada da água tratada. Nesta etapa o fluxo não deve ser turbulento e assim a fase sobrenadante floculada poderá ser separada fisicamente por pás ou canaletas;

4 – Armazenamento ou tanque pulmão, nesta tancagem é armazenado toda água proveniente da fase anterior para que seja filtrada e posteriormente injetada e/ou descartada;

5 – Filtros, onde passa por filtros de diversos materiais adsorventes (podem ser de areia, casca de noz, carvão ativado, a depender do dimensionamento e seleção do material ao qual deseja-se remover do fluido);

6 – Da filtragem segue para injeção ou descarte, geralmente por meio de bombas;

Figura 5: Exemplo de estação de tratamento de água produzida (ETAP).



Fonte: Autor, 2019

Há processos mais complexos e com mais etapas a depender da condição e do fluido e da necessidade de adequação dos teores, mas a princípio seguem os mesmos mecanismos citados acima, com o objetivo de alcançar os parâmetros requeridos, no caso em questão, seguindo as recomendações das resoluções do CONAMA 357 (BRASIL, 2005), 393 (BRASIL, 2007) e 430 (BRASIL, 2011).

3.2. ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR E PROCESSO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA).

A geração de vapor é uma importante operação industrial, presente em uma infinidade de processos e segmentos. Consideramos ideal para geração de vapor uma água com as seguintes características: • Menor quantidade possível de sais e óxidos dissolvidos • Ausência de oxigênio e outros gases dissolvidos • Isenta de materiais em suspensão • Ausência de materiais orgânicos • Temperatura elevada • pH adequado (faixa alcalina). (TROVATI, 2009).

A água para geração de vapor requer principalmente o espessamento e adensamento do lodo para posterior remoção. O lodo possui uma determinada composição devido à qualidade da água bruta e dos produtos químicos utilizados no tratamento (coagulante, alcalinizante, adsorventes). A água de hidratação presa nos flocos torna o lodo volumoso e gelatinoso o que dificulta o desaguamento. Esse lodo é tixotrópico, isto é, apresenta-se no estado de gel quando no estado natural, mas ao ser submetido a esforços cisalhantes torna-se relativamente fluido o que dificulta sedimentação ou flotação. Por esse motivo existe a necessidade de se promover o condicionamento químico do lodo antes de realizar seu tratamento, isto é, a separação sólido-líquido. Esses resíduos gerados nas estações possuem elevada umidade e para se trabalhar com eles é necessária a redução de seu volume para facilitar sua disposição diminuindo custos com transportes, com a disposição final e, com isso, os riscos de poluição do meio ambiente. (ABE, 2004).

Unidades geradoras de vapor devem ter uma qualidade de tratamento que enquadre o efluente a um alto padrão de exigência. Diversos contaminantes são quantificados para garantir o padrão como: ph, condutividade, oxigênio dissolvido, material sólido, agentes incrustantes, corrosivos, etc.

Os sólidos em suspensão e outros materiais sólidos são removidos por processos físicos e físico-químicos. As etapas consistem de floculação, decantação, filtração, entre outros. Em geral, os tratamentos adotados são baseados em adição de produtos como anticorrosivos, soda, coagulantes, polímeros e outros de acordo com a necessidade. Nesses processos a geração de resíduos sólidos restringe-se basicamente ao lodo.

A Injeção de Vapor é um método especial de recuperação aplicado geralmente em óleos muito viscosos e consiste em injetar calor para reduzir a viscosidade e, portanto, aumentar a mobilidade do óleo, resultando em incremento na produção dos poços. A água é captada em rio ou poços e submetida a tratamento para a remoção de gases dissolvidos, sólidos suspensos, bactérias e dureza, a fim de atender aos requisitos necessários para a

geração de vapor, o qual é injetado no reservatório para o incremento na produção de óleo. As linhas de distribuição de vapor são isoladas termicamente para minimizar as perdas de calor até o poço injetor. (PETROBRAS, 2019).

Quando da existência de lodo na água, a remoção destes é um fator determinante na redução de agentes incrustantes e corrosivos. Pois tais materiais são originados pelo aumento de concentração de sais e outras substâncias dissolvidas e/ou suspensas na água, uma vez que estes materiais não saem junto com o vapor em condições normais de operação. Após a entrada do efluente na estação de tratamento de águas (ETA), há aplicação de técnicas de remoção de lodo no fluido, é necessário espessar e adensar o lodo para facilitar sua remoção. Os tipos mais comuns são os espessadores por gravidade (sedimentadores) e por flotação (flotação por ar dissolvido), utilizados tanto em Estações de Tratamento de Água como em lodo de Estações de Tratamento de Esgoto. Já os tipos de adensamento são por gravidade. Este tipo de espessamento é o mais antigo e disseminado. As unidades podem ser alimentadas continuamente ou por batelada dependendo da ETA.

É de fundamental importância que a água utilizada para reposição na caldeira tenha um pré-tratamento satisfatório, por meio de processos de floculação/ decantação e filtração se for captada de rios ou lagos e, adicionalmente, passe por processos avançados de remoção de impurezas, tais como o abrandamento, a desmineralização ou a osmose reversa. (TROVATI, 2009).

Outro fator importante que deve ser verificado nos tratamentos das águas para geração de vapor é a o controle dos tratamentos para compatibilizar as propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação da caldeira definidos pelo fabricante (NR13, 2018).

4. ATIVIDADES REALIZADAS

Inicialmente, foi necessário realizar um planejamento das atividades. Baseado nisso a etapa de estudo das referências e procedimentos a serem realizados a cada teste foram as primeiras e mais importantes atividades, pois a teoria daria o direcionamento adequado para as quais os testes deveriam ser realizados e quais parâmetros deveriam ser avaliados.

O trabalho consistiu em avaliar qual o problema do fluido e que metodologia deve ser seguida. Posteriormente, com a coleta do fluido, trabalhar as diversas opções de especialidades químicas e/ou matérias primas para seleção.

4.1. ÁGUA PRODUZIDA

Havia uma necessidade de realização de testes com águas produzidas de um campo e água para geração de vapor de uma unidade operacional do Estado do Rio Grande do Norte.

As especialidades químicas a serem aplicadas, avaliadas e selecionadas, são polímeros e polieletrólitos conforme indicado pela empresa e solicitado pelos clientes.

Neste trabalho chama-se os produtos por códigos para preservar a integridade das fórmulas e da empresa. As águas utilizadas também serão identificadas apenas como água produzida e água para geração de vapor. Os equipamentos e demais materiais utilizados serão descritos nos próximos tópicos de acordo com os testes realizados.

Foi solicitado a seleção de produto e dosagem de polieletrólito para tratamento de água produzida de um determinado campo situado na Bacia potiguar, que é produtor da Formação Açu. O principal objetivo do tratamento desta água é verificar o desempenho de um produto para clarificar a água, reduzir a turbidez e os sólidos suspensos totais, enquadrando a água produzida a resolução CONAMA 430 no que tange os parâmetros avaliados, em especial tratam-se os ensaios realizados como seleção prévia de produtos que clarificassem a água para redução de Teor de Óleos e Graxas (TOG), Teor de Sólidos Suspensos (TSS) e/ou turbidez, muito utilizados para quantificar a eficiência de remoção dos contaminantes. Nesta apresentação são apresentados apenas avaliação visual de clarificação da água para manter o sigilo dos dados da empresa.

Inicialmente, foram realizadas as coletas dos fluidos. A amostra da água produzida, retirada na válvula de dreno da tancagem de recebimento do fluido, já indica a presença de produto desemulsificante de acordo com o esquema da unidade.

As atividades seguiram a seguinte ordem esquemática:

- 1- Visita a unidade de produção;
- 2- Coleta de amostras a serem testadas (20 litros);
- 3- Separação e preparação dos materiais para o teste, diluições e seleção de dosagem aproximada a de campo para determinados pontos de aplicação;
- 4- Teste de seleção com os produtos que apresentaram floculação;
- 5- Teste com dosagem média (definida durante os testes) para aferição de otimização;

- 6- Quantificação da turbidez com o tratamento selecionado para comparativo;
- 7- Produção de informe técnico com os dados relevantes dos testes;

4.1.1. TESTES COM *JAR TEST*

Para água produzida foi realizado o procedimento de teste com Jar test segundo padrão operacional interno (Agena) e com auxílio da Norma ASTM D2035. O equipamento utilizado foi o Milan compacto analógico de propriedade da Agena (figura 6). As vidrarias foram do laboratório da Ufersa.

Figura 6: *Jar Test* Compacto.



Fonte: Autor, 2019.

Com amostra em laboratório e material de consumo para o teste pronto para uso, foi realizada agitação para garantir amostras idênticas nas cubetas do Jar teste. Para melhor visualização em alguns testes foram utilizados béqueres de vidro.

Aos fluidos foram adicionados os produtos em altas dosagens para iniciar a verificação de algum sinal de floculação. Dosagens consideradas altas giram em torno de 50 – 150 ppm de polieletrólito. Durante os testes foi possível ver a ação dos produtos polieletrólitos atuando instantaneamente e a distinção entre dosagens, na figura 7 vemos o exemplo.

Figura 7: Coagulação e floculação no *Jar Test*



Fonte: Autor, 2019.

Foram testados cinco produtos em altas dosagens possibilitando a visualização de quais formulações foram compatíveis com o fluido. Alguns produtos necessitaram de diluição para repetição dos testes. Os produtos que passaram pelo processo de diluição são os de maior densidade que não dissolviam na água. Encontradas diluições possíveis, os produtos foram testados segundo o procedimento.

4.2. TESTES COM ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR

Durante o período de aprendizado surgiu uma nova demanda a respeito de teste de seleção de produto polieletrólito para água captada de um rio no estado do Rio Grande do Norte (RN), a qual, após tratamento, é utilizada para geração de vapor. A água deve ser tratada para que atenda os parâmetros exigidos pelo sistema e o produto deve auxiliar a remoção do máximo de lodo presente na água.

Não estava incluso no escopo de procedimentos da empresa testes com esse tipo de efluente, logo seria realizado um breve teste qualitativo apenas para direcionar os trabalhos e início da produção de um procedimento interno quanto à seleção de produtos para remoção de lodos de águas provenientes de rio e/ou testes de desidratação de lodos.

O desempenho dos produtos foi avaliado visualmente para clarificação da água, além de ensaios de turbidez segundo a norma internacional ASTM D7726 e quantificação de massa do volume de lodo removido. Conforme indicação, o produto químico deve gerar floco parecido com a figura 8.

Figura 8: Aparência de lodo floculado com excesso de produto



Fonte: Autor, 2019

4.2.1. ÁGUA PARA GERAÇÃO DE VAPOR.

As atividades realizadas quanto ao teste seguiram o seguinte esquema:

- 1- Visita a planta de geração de vapor e coleta de amostra (20 litros de fluido);
- 2- Separação e preparação dos materiais para o teste, diluições e seleção de dosagem aproximada a de campo variando entre 30 e 500 ppm para determinados pontos de aplicação;
- 3- Teste de diluições e dosagem máxima a fim de encontrar os produtos que tem ação neste fluido;
- 4- Teste de seleção com os produtos funcionais nas dosagens mínimas de floculação até o ponto de ação;
- 5- Teste com dosagem média para aferição de otimização;
- 6- Avaliação de estabilidade dos flocos e seleção do produto e dosagem indicada;
- 7- Produção de informe técnico com os dados relevantes dos testes;
- 8- Quantificação da turbidez com o tratamento selecionado para comparativo;

Para a água foram realizados testes qualitativos utilizando apenas os produtos diluídos que permitissem ter uma ação rápida e eficaz. O produto foi adicionado ao fluido no Becker e vertido a outro, tantas vezes quanto necessárias até a formação dos flocos, conforme vê-se abaixo na figura 9.

Figura 9: Aparência de fluido com formação de floco



Fonte: Autor, 2019.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os testes com água produzida, nas figuras 10 e 11 é possível observar como eram escolhidos os produtos que reagem formando flocos na água, suficiente para aprovar o produto a seguir uma nova etapa de definição de dosagem.

Figura 10: Exemplo de teste de funcionalidade de um produto que não foi aprovado para próxima etapa (otimização de dosagem).



Fonte: Autor, 2019.

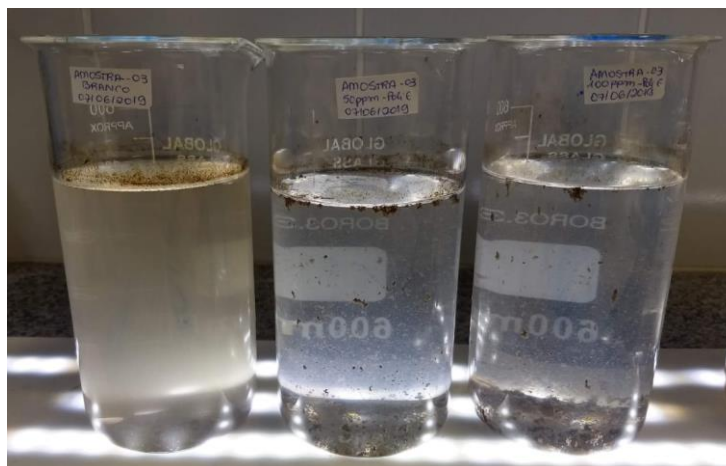
Figura 11: Exemplo de teste com produto que foi aprovado para a fase de otimização



Fonte: Autor, 2019.

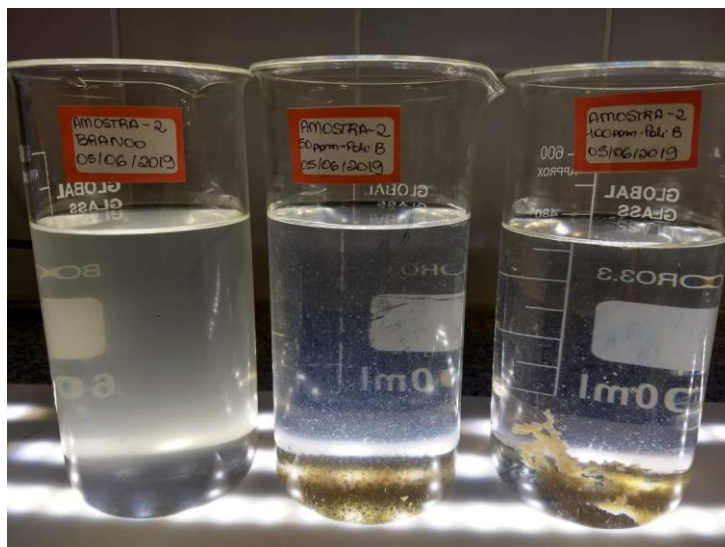
Depois de realizar testes nas duas dosagens mencionadas, foram selecionadas a fórmula A e a fórmula B, as quais melhor clarificaram a água. Os testes foram repetidos na amostra com esses produtos para comparação visual. Nas figuras 12 e 13 observamos exemplos de produtos selecionados para floculação e clarificação da água.

Figura 12: Polieletrólito A na dosagem otimizada



Fonte: Autor, 2019.

Figura 13: Polieletrólito B na dosagem otimizada



Fonte: Autor, 2019.

Posteriormente, para quantificar o desempenho das fórmulas escolhidas, foram realizados testes apenas com as fórmulas escolhidas nas dosagens otimizadas e realizados ensaios de turbidez para comparar o resultado com o fluido sem dosagem. Os ensaios de turbidez foram realizados conforme a norma ASTM D7726, que trata dos parâmetros necessários para análises de turbidez em amostras de água.

Para finalizar este trabalho foi gerado um informe técnico com as informações relevantes para indicação da fórmula, dados com produtos que funcionaram, os melhores resultados visual e dosagem otimizada. Nesta etapa os dados e testes são realizados pela empresa que fará suas conclusões e refinamento dos testes.

Para a água de geração de vapor, houve a necessidade de testar várias dosagens até que fosse possível ver flocos consistentes e estáveis para suportar os esforços do fluxo no sistema. Tomou-se cuidado para usar uma dosagem próxima da usual, sendo viável sua aplicação e sem ocorrer superdosagem (figura 14) gerando custos adicionais. Três fatores regeram o teste: formação de floco, estabilidade dos flocos e aparência da água.

Figura 14: Aparência do lodo com superdosagem



Fonte: foto tirada pelo autor, 2019.

Encontrados os produtos que apresentaram ação de floculação neste fluido foram realizados os testes de diluição e dosagem até encontrar a dosagem adequada e o melhor produto a ser indicado.

As fórmulas tiveram resultados diferenciados, uma foi selecionada por ter ação rápida o suficiente conforme exige-se no sistema, nomeada de polieletrólito F, aplicado em altas diluições nas dosagens próximas do usual no sistema. As dosagens são até 10 vezes maiores que as utilizadas no teste com água produzida em diluições consideradas altas, diluições de até 100 vezes. Os valores otimizados serão preservados para garantir sigilo a respeito dos dados da empresa.

Os testes serão refinados no laboratório da empresa para adequar a metodologia e gerar histórico dos produtos.

Posteriormente, para quantificar o desempenho da fórmula escolhida, foram realizados testes apenas com a fórmula escolhida na dosagem otimizada e realizados ensaios de turbidez para comparar o resultado com o fluido sem dosagem. Os ensaios de turbidez foram realizados conforme a norma ASTM D7726, que trata dos parâmetros necessários para análises de turbidez em amostras de água. Da mesma forma dos testes com água produzida, o trabalho foi finalizado com a produção de um informe técnico com as informações relevantes para registro gerando histórico e indicação da fórmula, dados de todo o teste com todas variações. Os testes seguem para estudo de caso para empresa, melhorias nos testes, refinamento das etapas e dosagens e conclusões da empresa.

Finalmente após finalizado os testes com os dois efluentes, foi possível observar que os resultados eram minimamente suficientes para concluir que produtos eram funcionais ou

não para os fluidos testados, sendo necessária a avaliação criteriosa de repetibilidade dos produtos selecionados com quantificação de parâmetros como TOG (teor de óleos e graxas), TSS (teor de sólidos totais), Turbidez e quantidade em massa dos contaminantes, dentre outros. Estes parâmetros servem de referência quanto a eficiência da ação de floculação dos materiais contaminantes presentes, dando estimativa de volumes que podem ser removidos do sistema.

Também foi possível observar que os fluidos apresentam características muito diferentes visualmente. Os produtos selecionados para cada fluido agem de forma diferente e as metodologias não apresentam nenhuma similaridade. Ainda foi visto que as formas de aplicação dos produtos químicos diferem quanto ao volume, diluições e sinergia com os movimentos do fluxo.

Assim, compreende-se a disparidade de técnicas aplicáveis para um mesmo sub-nicho dentro da indústria que é o de tratamento de diferentes águas com especialidades químicas compreendidas numa mesma classificação (polieletrólitos).

Dentro do contexto permite-se aplicar diferentes teorias para obter diferentes entendimentos do processo de tratamento de águas produzidas e água para geração de vapor aplicada às atividades auxiliares da indústria do petróleo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática profissional proporcionou o entendimento da função de uma empresa de serviço e seu papel na indústria petroquímica em relação a atividades relativas à indústria do petróleo. Pode-se relacionar a teoria de disciplinas estudadas durante a formação no curso com a pesquisa de novos materiais e tecnologias de melhoria da eficiência de processos no que tange ao tratamento químico da fluido, especialmente a água.

É possível relacionar as atividades desenvolvidas diretamente com teorias vistas nas disciplinas de escoamento multifásico, processamento primário de petróleo, tratamento de resíduos da indústria do petróleo, refino, fluidos, dentre outras tantas. As atividades realizadas durante o estágio serviram de incentivo a pesquisa de novas metodologias de testes e para entender a dinâmica do trabalho de avaliação de problemas de tratamento e soluções.

REFERÊNCIAS

ABE, Yulia T. Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais. **Tratamento e disposição de lodo (ETA)**. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/modulos/saneamento/lodo/lodo.htm#conceito> Acesso em 05/08/2019;

AGENA RESINAS E COLAS LTDA. <http://www.agenacom.br/> Acesso em 05/08/2019;

ANP. **Boletim Da Produção De Petróleo E Gás Natural**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/producao/2019-06-boletim.pdf> Acesso em 05/08/2019;

ASTM D2035-13, **Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org

ASTM D7726-11(2016)e1, **Standard Guide for The Use of Various Turbidimeter Technologies for Measurement of Turbidity in Water**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org

BRASIL. MMA. CONAMA. **Resolução Conama nº357**, 17 de mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/> Acesso em: 06/08/2019;

BRASIL. MMA. CONAMA. **Resolução Conama nº393**, 9 de ago. 2007. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 06/08/2019;

BRASIL. MMA. CONAMA. **Resolução Conama nº430**, 11 de mai. 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 06/08/2019;

DINÂMICA AMBIENTAL. **Entenda a importância do tratamento de efluentes industriais**. 2013. Disponível em: <https://www.dinamicambiental.com.br/blog/reciclagem/entenda-importancia-tratamento-efluentes-industriais/>. Acesso 28.07.2019

FAKHURU'L-RAZI, A.; ALIREZA, P.; LUQMAN, C.A.; DAYANG, R.A.B; SAYED, S.M.; ZURINA, Z.A. 2009. **Review of Technologies for oil and gas produced water treatment.** Journal of Hazardous Materials, 170: pp. 530-551

NR 13 - Norma Regulamentadora 13. **Caldeiras e vasos de pressão.** Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-13-caldeiras-vasos-de-pressao-e-tubulacoes>. Acesso em 05/08/2019;

PETROBRAS. **Vaporduto inaugurado ampliará produção em campos do RN.** Disponível em: https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=7907. Acesso em 07/08/2019;

PETRÓLEO BRASILEIRO. **Águas Na Petrobras.** Disponível em https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZ24rEhvHjAhVbJrkGHaf2AmIQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.petrobras.com.br%2Fflumis%2Fportal%2Ffile%2FfileDownload.jsp%3FfileId%3D8A193576621AF7E00162449D75854954&usg=AOvVaw28SrhvaGYb_merJGCA8uXC. Acesso em 07/08/2019;

THOMAS, J.E., 2001, **Fundamentos de refino do petróleo.** Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2005.

TROVATI, JOUBERT. **Curso On-line – Tratamento de Água (Geração de Vapor).** Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/curso>>. Acesso em 05/08/2019;