

**Aula 01 - Somente em
PDF**

*PETROBRAS (Engenharia de Petróleo)
Conhecimentos Específicos I - 2021
(Pós-Edital) Somente em PDF*

Autor:
João Victor Trigueiro Leal

05 de Janeiro de 2022

Sumário

Processamento Primário de Petróleo	3
1 - Considerações Iniciais	3
1.1 – Introdução ao Mundo do Petróleo.....	3
1.2 – Introdução ao Processamento Primário de Petróleo.....	8
2 - Separação dos Fluídos	11
2.1 – Forma de Fabricação.....	11
2.2 – Arranjos Principais	15
2.3 – Principais Propriedades.....	19
2.4 – Problemas no Separador.....	20
3 - Tratamento dos Fluídos.....	21
3.1 – Tratamento do Gás Natural.....	21
3.2 – Tratamento do Óleo.....	24
3.3 – Tratamento da Água	27
4 – Considerações Finais	28
Questões Comentadas	29
Lista de Questões	36
Gabarito.....	39
Resumo	40



APRESENTAÇÃO PESSOAL

Antes de mais nada, gostaria de me apresentar. Meu nome é **João Victor Trigueiro**! Sou graduado em Engenharia de Petróleo pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Fui aprovado em **2º lugar** para o cargo de **Escrivão da Polícia Federal**, além de ter sido aprovado na Polícia Rodoviária Federal e na Polícia Civil do Distrito Federal.

Iniciei minha trajetória no mundo dos concursos em 2018, já no final da graduação, fiz meu primeiro concurso estudando de fato: Engenheiro de Petróleo da Petrobrás. Comecei a estudar no pós-edital e, com apenas 2 meses de estudo, vocês já devem imaginar no que deu: fui reprovado, fiquei em 183º de 8 vagas diretas na Ampla.

Após essa reprovação, decidi focar completamente para concursos públicos. Comecei a estudar para Petrobrás assim que terminei a graduação. Estudei 1 ano e meio a fio para a Petrobrás e, nesse tempo, aprendi como estudar de verdade, aprendi a importância de revisar, dentre outras coisas, o que me deu base para conquistar as aprovações acima.

Quanto à atividade de professor, fui professor de física e de química nos cursinhos solidários da UFCG e UFPB, respectivamente, para ajudar alunos de baixa-renda a conquistarem a tão sonhada vaga nas universidades.

Deixarei abaixo meus contatos para quaisquer dúvidas ou sugestões. Terei o prazer em orientá-los da melhor forma possível nesta caminhada que estamos iniciando.

E-mail: jvtrigueiro@hotmail.com

Instagram: <https://www.instagram.com/jvtrigueiro96/>



PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO

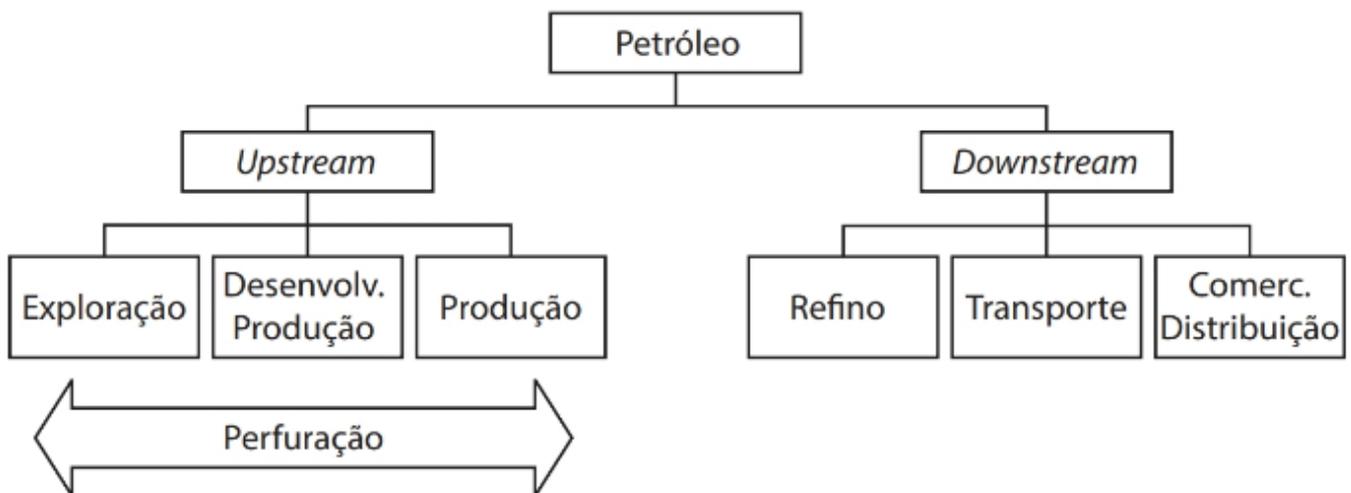
1 - Considerações Iniciais

Corujas, este é um assunto pequeno, com incidência entre **baixa e média** nos concursos da área, e a sua cobrança é bastante conceitual, mas pode ser a diferença na sua aprovação. Avante!

1.1 - Introdução ao Mundo do Petróleo.

Para lhe situar, caro aluno, o **processamento primário de petróleo** é a **última etapa** da parte da **cadeia de petróleo** em que você, futuro **engenheiro de petróleo da Petrobrás**, irá trabalhar¹, a qual chamamos de **Exploração e Produção² (E&P)**, ou **Upstream**.

Além dessa parte da cadeia, há também o **downstream³** que trata do refino, transporte, distribuição e comercialização. Vejamos um fluxograma abaixo:



Fonte: ALMEIDA, Albino Lopes D'. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo.**

¹ O engenheiro de petróleo até pode trabalhar no downstream, mas é bem raro.

² Sempre que falarmos em **exploração** em nosso curso, estaremos falando nas etapas de **'procura'/identificação** do petróleo, enquanto que a **produção** é a etapa de **extrair comercialmente o petróleo** das rochas.

³ Há autores que dividem o downstream em **midstream**: transporte e armazenamento de **petróleo cru/gás natural** e **downstream**: refino, transporte e venda dos **derivados**.



Mas prof, como funciona essa parte da cadeia chamada **upstream**?

Então, pode-se dizer que a parte de **Exploração e Produção (E&P)** inicia-se em grandes áreas de terra (ou mar), no qual os primeiros **estudos geológicos** são realizados, com o objetivo de se iniciar a **identificação de estruturas geológicas** nas quais possa **haver a probabilidade** de existir acumulações de petróleo nessas estruturas.

Para isso, eles fazem uma **reconstituição das condições de formação** e acumulação do **petróleo** nessas regiões, utilizando diversas técnicas, como pelo estudo da **geologia de superfície**, pela **aerofotogrametria e fotogeologia** e pela geologia de **subsuperfície**.

Ué professor, como assim probabilidade? Eles não conseguem ter certeza de que nessas estruturas há a existência do petróleo?

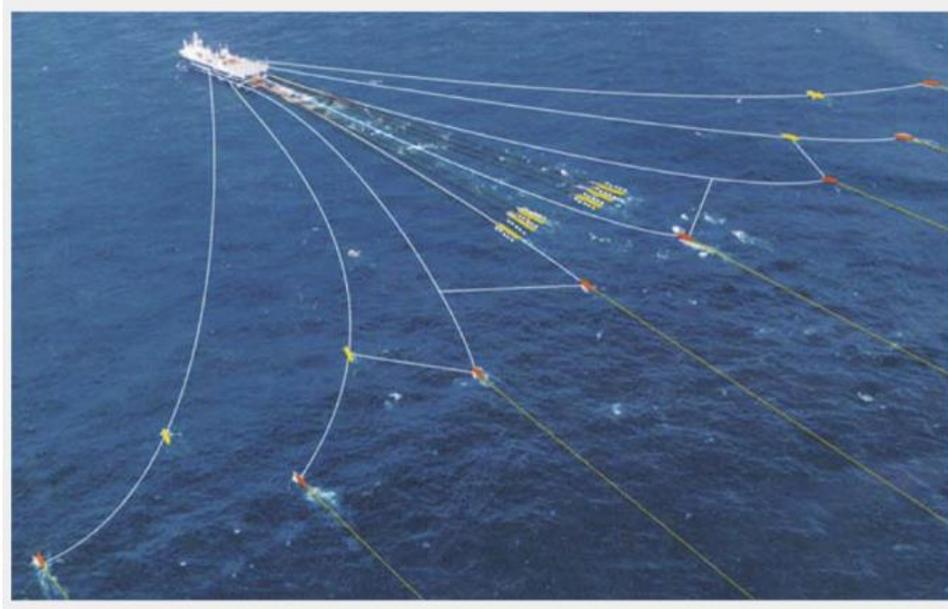
Não, pessoal! Sem um **teste de formação**, ou seja, sem efetuar uma perfuração e realizar um teste de produção do petróleo, **não é possível determinar se há uma acumulação de petróleo** economicamente viável para produção. Essa **delimitação inicial pode**, na melhor das hipóteses, **encontrar** uma **região** na qual, junto com estudos geofísicos, **justifique a perfuração de um poço pioneiro**.

Após todo esse trabalho **de aferição direta** das rochas pelos geólogos, são escolhidas as regiões mais promissoras para efetuar uma aferição por **métodos indiretos**, efetuado pelos **geofísicos**, nos quais utilizam **métodos potenciais**, como a gravimetria e a magnetometria, ou **métodos sísmicos**, sendo os **métodos sísmicos de reflexão** os mais atualizados atualmente, representando **90% dos custos** dessa etapa⁴.

Para fins ilustrativos, segue abaixo um exemplo de um levantamento sísmico 3D no mar.

⁴ Esse trabalho inicial, feito por geólogos e geofísicos, é chamado de Exploração/Prospecção.





Fonte: THOMAS, José Eduardo. Fundamentos da Engenharia de Petróleo.

Professor, mas o que esses métodos indiretos fazem?

Pessoal, simplificando bastante, esses **métodos indiretos** objetivam estudar as **rochas** que se encontram na **subsuperfície**, identificar **regiões** nas quais possam **existir os fluidos de petróleo**, e, após longos estudos, **propor a localização** específica para que as **equipes de perfuração** saibam exatamente onde devem **perfurar um poço**, visando obter os melhores resultados.

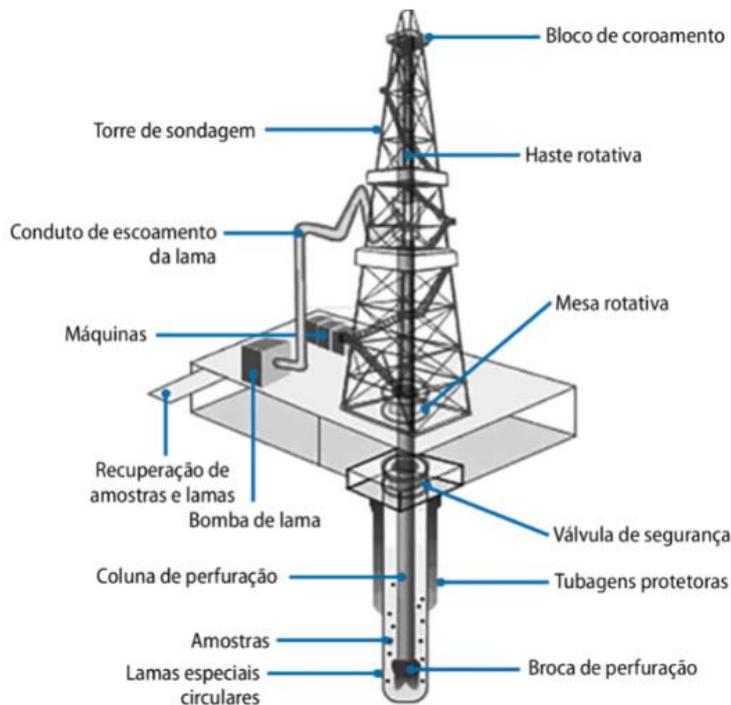
*Então, professor, é nessa etapa que o **Engenheiro de Petróleo** efetivamente começa a trabalhar?*

Exatamente!⁵ Após ser determinado o local em que o poço será perfurado, você e sua futura equipe iniciará o **processo de sondagem**, ou seja, o processo de **escolher a melhor sonda**⁶ e seus sistemas para perfurar as rochas, as **brocas** que serão utilizadas, o **fluido de perfuração ideal** para cada profundidade, os **equipamentos** e colunas de perfuração que serão utilizados e efetuarão as diversas **operações** para que a perfuração atinja o seu objetivo. Veremos com detalhes na aula de Perfuração de poços.

Para fins ilustrativos, segue abaixo um exemplo de uma sonda de perfuração terrestre.

⁵ Claro que há exceções, mas, essa é a regra.

⁶ Equipamento de sustentação formado por diversas estruturas que trabalham em conjunto para que o poço possa ser perfurado.



Fonte: GAUTO, Marcelo Antunes. *Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino*

Então, caro aluno, depois de **perfurar** o poço **pioneiro** (e durante esta perfuração), vocês irão efetuar **atividades** e estudos que objetivam definir a **capacidade produtiva** e o **valor das reservas** de uma jazida de petróleo, atividades chamadas de **Avaliação das Formações**, as quais se baseiam principalmente na perfilagem a poço aberto, **teste de formação**⁷ a poço aberto, **testes de pressão** a poço revestido e na **perfilagem de produção**.

A próxima etapa, que ocorre após a perfuração do poço, é a **completação do poço**, que são **operações** destinadas a **equipar o poço** para que ela possa **operar** de **forma** econômica e **segura**. É uma área interessante que você poderá trabalhar durante sua trajetória como **engenheiro de petróleo** da Petrobrás.

O objetivo dessa etapa é **otimizar a vazão** de produção e **minimizar operações de intervenção**, que geram custos e obrigam uma pausa indesejável da produção. Estudaremos em uma próxima aula esse assunto importantíssimo de forma mais detalhada.

⁷ É esse teste que confirma a presença de hidrocarbonetos na formação.

CURIOSIDADE



Os engenheiros de **poços**, subdivisão do engenheiro de petróleo que trabalha na área de perfuração e completação de poços, no geral, são aqueles que mais **trabalham embarcados**, ou seja, em **regime de plantão**, com **aumento** considerável de **salário**.

Outra parte importantíssima, muito articulada tanto com a exploração, quanto com a produção, são os **engenheiros de reservatórios**, uma subdivisão da área de atuação do engenheiro de petróleo. Caso você vá para essa área, você se preocupará com a **retirada dos fluidos** do interior das rochas e suas consequências, para que estes subam até a superfície da melhor forma.

Nesta área, você focará na **caracterização de jazidas**, nas **propriedades das rochas** e dos **fluidos** nelas contidos, no **movimento e na interação desses fluidos** no reservatório, para maximizar a produção de petróleo com o menor custo possível.

Em outras palavras, de forma bem simplificada, essa área se preocupa com **a movimentação dos fluidos no reservatório** até sua entrada no poço perfurado e completado, juntamente com suas consequências. Estudaremos esse assunto com mais detalhes, não se preocupe!

Pessoal, outra área que vocês poderão trabalhar será como o engenheiro de produção (de petróleo) que se preocupa com a **elevação e o escoamento** do petróleo que acabou de sair do reservatório e **entrou no poço** e se direcionará até as instalações de produção na superfície.

Esse profissional se preocupará com os **métodos de elevação**, seja natural, seja artificial, bem como irá lidar com a **forma de escoamento** desse fluido.

E, após isso, ocorre o **processamento primário do petróleo**, que será visto adiante nesta aula.



CURIOSIDADE



O início da **geração de receita** (tempo de retorno) num campo marítimo poderá ocorrer após **oito ou nove anos** após o investimento inicial.

1.2 – Introdução ao Processamento Primário de Petróleo.

Pessoal, após ser extraído das rochas e elevados até a superfície, o **óleo** e/ou gás **produzido** possuem diversos **contaminantes** indesejados que precisam ser **separados e tratados** ainda no campo de produção. Esse tratamento inicial é denominado **Processamento Primário da Produção**, que possui os seguintes objetivos:

- Separação do **óleo, do gás, da água** e de impurezas como **sedimentos (areia)**, sais inorgânicos, sólidos, dentre outros.
- **Tratamento**/condicionamento/estabilização **dos hidrocarbonetos** para que possam ser transferidos para as refinarias.
- **Tratamento da água** para reinjeção ou descarte em condições ambientalmente aceitáveis.

Caros alunos, quanto a esses objetivos, o primeiro deles, ou seja, a **separação dos fluidos** é o **objetivo mais importante** desse tratamento inicial.

Além disso, por ser um **tratamento inicial**, predominantemente físico, o **processamento primário não** irá **separar completamente** as fases - ou seja, ainda **haverá mistura** dos outros fluidos, sedimentos e sólidos na água/óleo/gás separados -, **nem haverá quebra** das frações **do petróleo**.



Aqui cabe um cuidado, caro aluno, pois as questões **tentarão confundi-lo** com os processos de tratamento que ocorrem na **etapa do refino** de petróleo, ou seja, que **ocorrem** em um momento **posterior**.



Por fim, a **escolha dos métodos** de **separação e tratamento**, bem como seu dimensionamento, **depende** de variáveis, como **pressão, vazão, temperatura, composição** dos hidrocarbonetos, **viscosidade**, massa específica (**densidade**) dos fluidos produzidos, grau de **dificuldade** em **separar** as **fases**, entre outras, beleza?

Vejamos algumas questões que abordam esse tema.



(EPE - 2015) Durante sua vida produtiva, um campo de petróleo produz gás, óleo e água, junto com impurezas. Como o interesse é somente na produção de óleo e gás, há a necessidade de existirem instalações destinadas a realizar o Processamento Primário de Petróleo.

É um objetivo do Processamento Primário a(o)

- a) produção de derivados que serão utilizados na própria unidade de produção.
- b) separação de óleo, gás e água.
- c) produção de gás natural e de gás liquefeito de petróleo.
- d) tratamento das frações de petróleo para transferência às refinarias.
- e) tratamento da água para ser utilizada como água de resfriamento.

Comentários:

Vamos analisar cada uma das alternativas:

A produção de derivados de petróleo ocorrerá no **refino**, o que **invalida a letra A**.

Conforme vimos na teoria, a **letra B está correta**, pois este é um dos **objetivos do processamento primário de Petróleo**.

A produção do Gás Natural e do gás liquefeito de petróleo (GLP) também é obtido no **refino**, na **destilação do Petróleo** em diversas frações, por isso a alternativa **C está incorreta**.

Tanto a assertiva D como a E podem ter deixado você em dúvida, no entanto, para haver **frações de petróleo**, é necessário ter ocorrido a destilação, o craqueamento, enfim, diversas etapas do **refino** e, por isso, a **assertiva D está incorreta**.

Por fim, a água de resfriamento é utilizada para manter a temperatura de equipamentos e processos utilizados nas **refinarias** e, portanto, não está relacionado ao processamento primário de petróleo, restando **incorreta a assertiva E**.



(EPE - 2006) Na fase de produção, o processamento primário do petróleo é a sequência de operações que tem por objetivo separar o petróleo de outras substâncias, juntamente com ele produzidas nas jazidas, condicionando-o para o armazenamento, o transporte e a entrega. Em condições normais, além do gás natural, quais são estas substâncias?

- a) Água e sedimentos.
- b) Fluido de perfuração e água.
- c) Asfaltenos e fluido de completação.
- d) Gás residual e asfaltenos.
- e) Emulsões e hidratos.

Comentários:

Pessoal, conforme vimos, processamento primário objetiva **separar a água, sedimentos e gás natural do petróleo** (ou, mais tecnicamente, óleo), ou seja, a **Assertiva A é a correta**.

O fluido de perfuração e completação são tratados por **equipamentos específicos**, conforme será visto em outras aulas, por isso, as **assertivas B e C estão incorretas**.

O asfalteno é uma molécula muito grande, dispersa na forma coloidal no petróleo, sendo um sólido escuro e não volátil, que geralmente é separado do petróleo na etapa do **refino**. Já o gás residual é resultado da extração do líquido de gás natural no **processamento do gás natural**, portanto, **assertiva D errada**.

As **emulsões e hidratos** são apenas **minimizados** no processamento primário, não se preocupe, serão explicados mais na frente, por isso, **assertiva E está errada**.

(ANP - 2013) Ao final do processamento primário de petróleo, são obtidos fluxos separados de petróleo, de gás e de água.

Comentários:

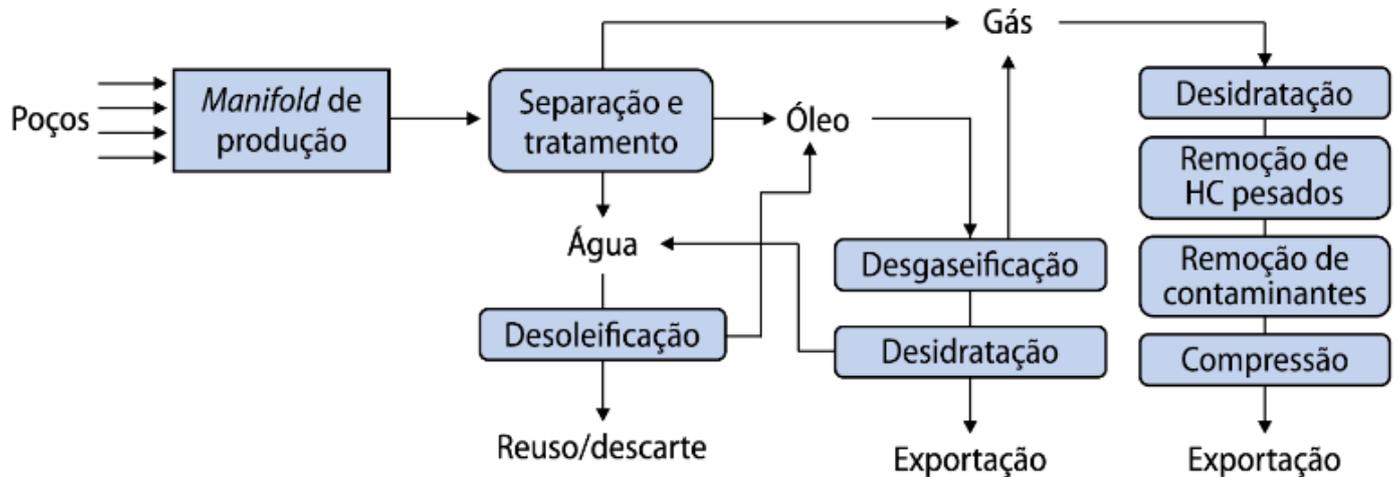
Conforme estudamos acima, o processamento primário visa separar o petróleo (ou melhor, o óleo) da água e do gás natural. Após essa etapa são obtidos fluxos separados desses fluidos, e, portanto, a assertiva é **verdadeira**.

OBS: Perceba que as questões não são tecnicamente corretas/precisas quanto às terminologias. Caso encontre na hora da prova o termo **petróleo** (que se refere ao conjunto óleo e gás natural) se referindo **apenas ao óleo** (a parte **líquida** do petróleo), não brigue com a banca, aceite e siga em frente!

Resumindo o processo, o **fluido multifásico** (uma mistura de água, óleo, gás e sedimentos da formação) vem de um poço (ou de vários, pelo *manifold* de produção), **passa pela separação inicial**, no qual **os 3 fluidos são separados** em **correntes distintas** e, após isso, **serão tratados** para serem transportados à **sua destinação** posterior.



Cabe ilustrar um **fluxograma simplificado** do **processamento primário de petróleo**, para lhe dar uma **visão geral** do que será estudado em mais detalhes a seguir.



Fonte - GAUTO, Marcelo Antunes. *Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino*

2 - Separação dos Fluidos

Pessoal, **as plantas** (ou instalações industriais) de processamento primário possuem alguns **arranjos típicos** para a **separação dos fluidos**, no qual **vasos separadores** (ou apenas separadores) são **classificados** tanto conforme a sua **forma**, quanto pelo **número de fases possíveis** que podem ser separadas nesses equipamentos. Vejamos:

2.1 - Forma de Fabricação

Quanto à **forma**, eles são fabricados nas formas **horizontal** ou na forma **vertical**.

Os fabricados na forma **horizontal** são mais comuns, pois são **mais baratos**, além disso são **mais eficientes**, pois possuem uma maior área superficial de interface, o que possibilita uma **melhor separação**, possuem um **melhor controle da espuma** (um problema que será comentado mais na frente). São **mais utilizados** em sistemas com uma produção com **alta razão gás-óleo**⁸.

Por outro lado, os separadores horizontais **ocupam muito espaço**, são **menos eficientes** no **manuseio de sólidos**, que ficam espalhados por toda superfície inferior do separador e **lidam pior com**

⁸ Conforme veremos na aula de Reservatórios de Petróleo, a razão gás-óleo é a relação entre a vazão de gás e a vazão de óleo, ambas nas condições de superfície. Uma razão gás-óleo elevada indica que há uma predominância da produção de gás, quando comparado com óleo.

golfadas (variações bruscas na razão gás/óleo produzidas). Segue abaixo um exemplo do **Separador Horizontal**.

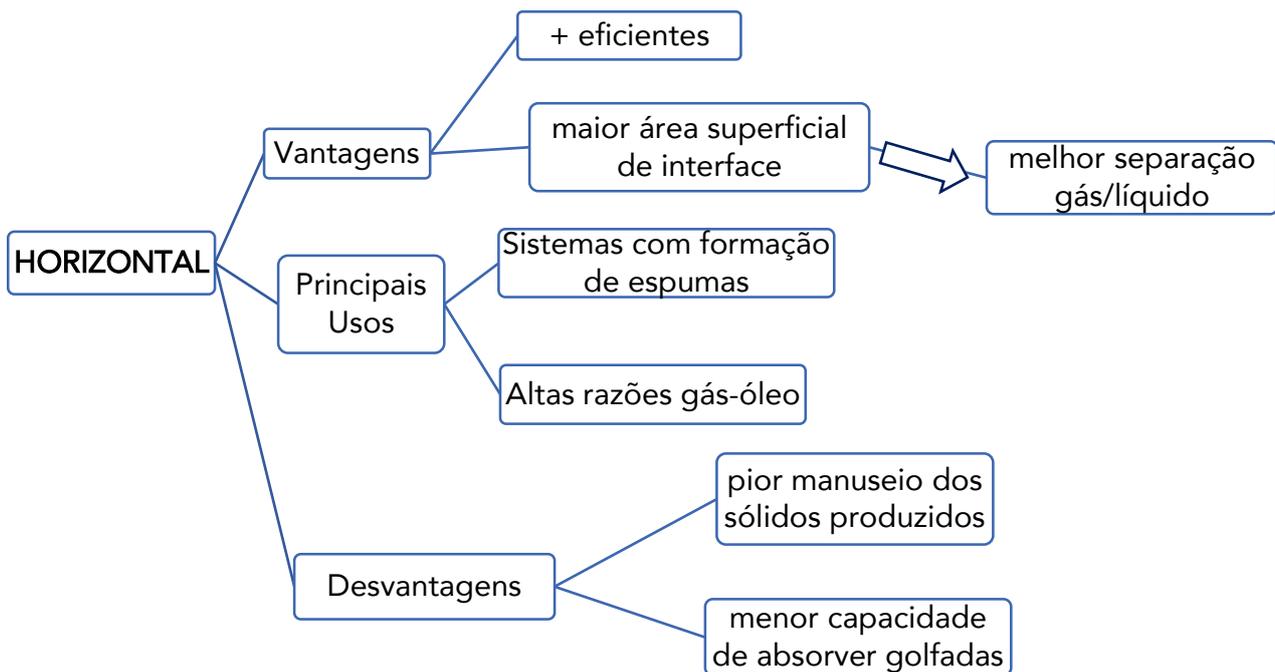


Fonte - Alibaba⁹

Esquematizando, temos:



⁹ Acesso em - <http://estrategiaconcursos.com.br>



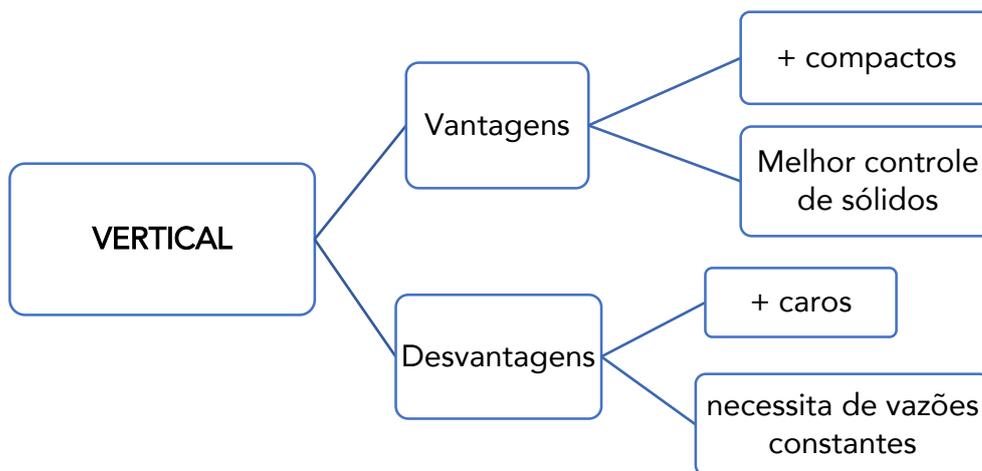
Os **separadores verticais**, possuem, por outro lado, algumas vantagens, pois são **mais compactos**, possuem **melhor controle de sólidos** presentes na corrente, já que pela sua geometria são retirados pelo fundo do vaso, e, como desvantagens, são **mais caros**, necessitam de **vazões constantes** para **operar** próximo de seu **ponto de eficiência**. Segue abaixo um exemplo de um **Separador Vertical**.



Fonte - Turbosquid¹⁰

¹⁰ Acesso em: <http://estrategi.ac/y99lt4>

Esquematizando, temos:



(INÉDITA) No processamento primário de petróleo, o vaso separador do tipo horizontal é mais eficiente que o seu modelo vertical, pois consegue trabalhar melhor em sistemas com uma produção de alta razão gás-óleo.

Comentários:

Pessoal, embora as afirmações separadas sejam verdadeiras, elas em conjunto **não são verdadeiras**, vejamos: O vaso separador horizontal é mais eficiente por possuírem uma **maior área superficial** de interface, o que possibilita uma **melhor separação**. Além disso, eles possuem um melhor **controle da espuma**.



Perceba que a eficiência não se trata de trabalhar melhor em sistemas com uma produção de alta razão gás-óleo.

Parece besteira, mas a CEBRASPE faz muito isso e, muitos candidatos, mesmo com o conhecimento da matéria, acabam perdendo preciosos pontos. Você não será um deles!

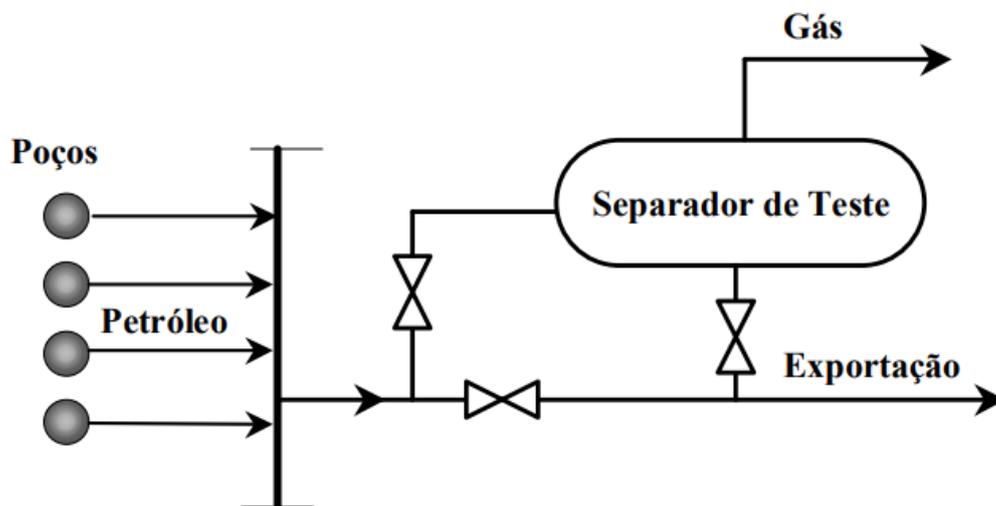
Assertiva Incorreta.

2.2 – Arranjos Principais

Quanto ao número de fases possíveis, há **4 arranjos principais**¹¹, são eles: Sem separação dos fluidos, com separação bifásica, com separação trifásica e com separação trifásica e tratamento do óleo.

2.2.1 – Sem separação dos fluidos (Separador de Teste)

A planta de processo visa **executar** somente **teste** e avaliação da **produção dos poços** através de um **separador de teste**. O escoamento do fluido produzido é **efetuado em fluxo multifásico** (água, óleo, gás e sedimentos misturados) através do oleoduto **até** uma **planta central** onde ocorrerá o processamento. Segue abaixo um fluxograma deste arranjo.



Sistema sem Separação de Fluidos

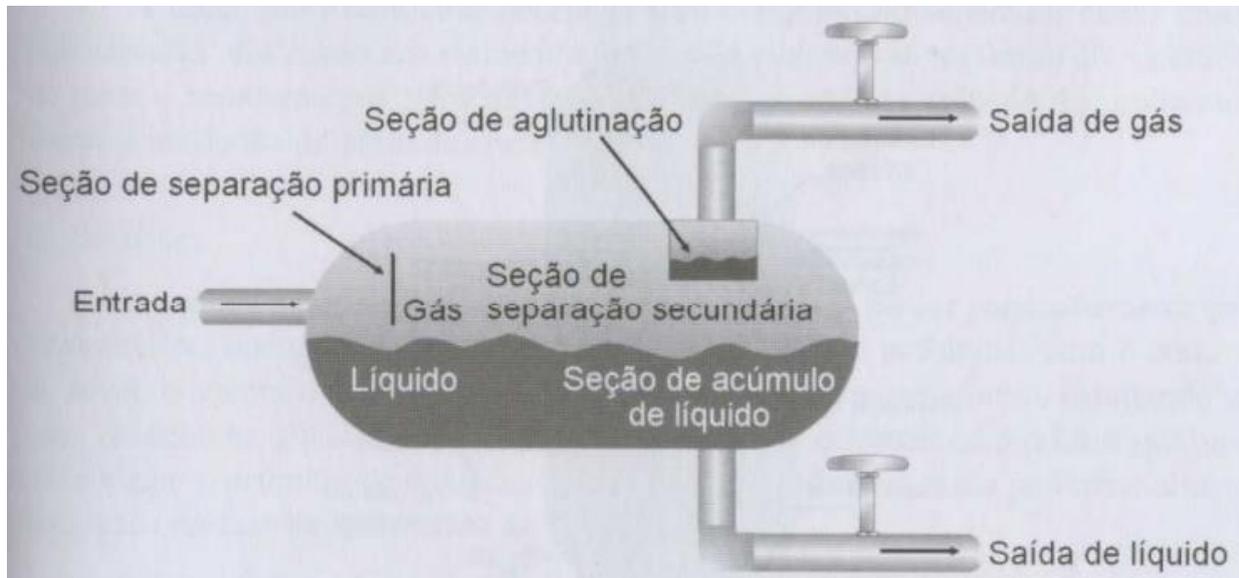
Fonte - KUNERT, Rosana. **Processamento primário de petróleo.**

¹¹ Conforme GAUTO, Marcelo Antunes. **Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino.**

Não está na literatura dominante¹², trago apenas por precaução.

2.2.2 – Separação Bifásica

Aqui as coisas começam a ficar interessantes: no separador bifásico ocorre a **separação gás/líquido**, veja a figura abaixo.



Fonte: THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da Engenharia de Petróleo**.

O fluido multifásico entra no separador e **colide com defletores de entrada** que provocam uma **mudança brusca de velocidade** e direção do fluido.

Esse mecanismo de separação é denominado **separação inercial**. É nesta seção, chamada de **seção de separação primária**¹³ que a **maior parte do líquido é separado**, removendo rapidamente as golfadas e as gotículas de maior diâmetro do líquido, o que **diminui a turbulência** e evita o retorno do líquido para a fase gasosa.

Após essa primeira colisão, há a **separação** das bolhas de **gás** que estão **imersas no líquido**, na **seção de acumulação (ou coleta) de líquido**, na qual é necessária a **retenção do líquido** por **3-4 minutos** para que essa separação **pela força gravitacional** seja efetiva, ou seja, **para que o gás suba** para a parte superior do separador.

¹² THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da Engenharia de Petróleo**.

¹³ Essa seção também pode ser feita por um **difusor** que **impõe** ao fluido um **movimento giratório**, fazendo que o líquido se precipite no fundo do vaso e o gás suba. Denominamos esse mecanismo de **Força Centrífuga**, que **aproveita as densidades** do líquido e do gás.

Mas como esse líquido é retido? Simples, uma **válvula de descarga** é regulada pelo controle de nível do separador. Ou seja, **esse nível**, que advém de relações entre o tamanho do separador e as vazões gás/líquido, **controla a entrada e saída de líquido** do separador.

Professor, e o que acontece com o gás?

Esse gás segue através da **seção de separação secundária (ou decantação)** e a **força da gravidade** causa a **separação das gotículas líquidas** mais pesadas da corrente de gás e se acumulam (decantam) no fundo do vaso.

Mas ainda há um problema. Diversas gotículas líquidas minúsculas **não são separadas** do gás na seção anterior.

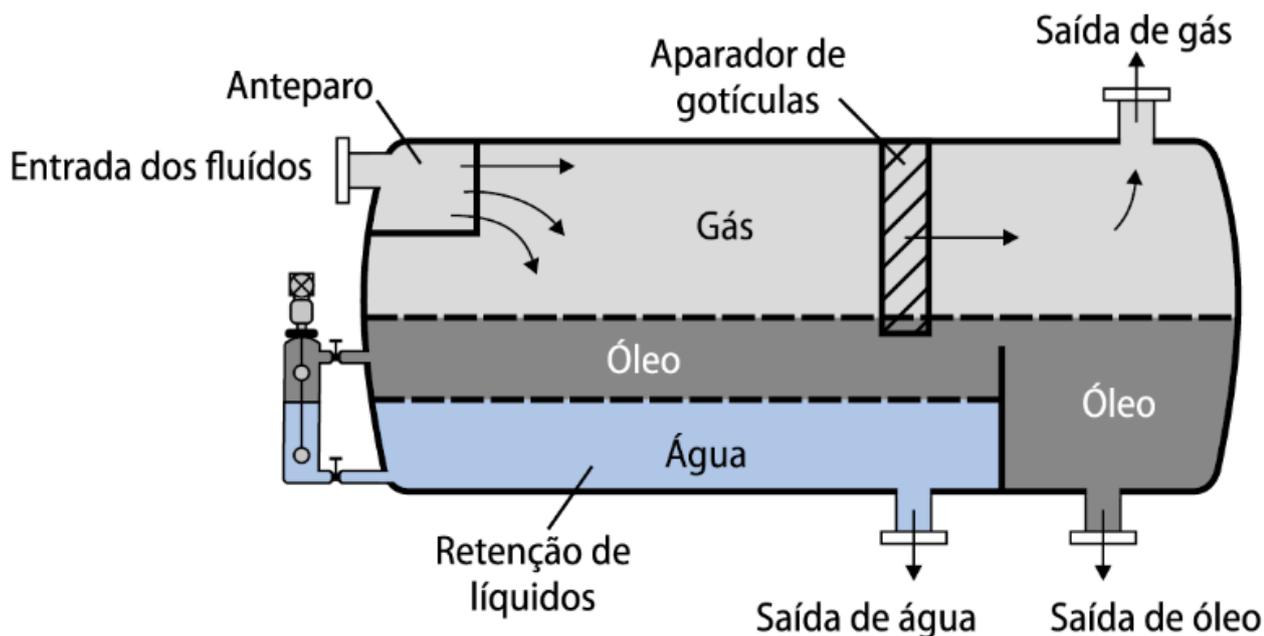
Para separá-las, o gás passa pela **seção de aglutinação**, formado por extratores de névoa, que são constituídos por **diversas aletas de metal**, a qual permitem o **contato dessas gotas** por possuírem uma **grande área superficial** porosa, o que **facilita** a sua **coalescência** (união), **aglutinação dessas partículas** e, por consequência, a decantação.

2.2.3 – Separação Trifásica

Além do que ocorre no separador bifásico, neste ocorre também a **separação óleo/água**. Veja a figura abaixo.

Observação: a água separada do óleo no vaso separador por decantação, também chamada de **água livre**, ainda **possui óleo** em sua composição, chamado de emulsão de óleo em água (O/A). Nesse caso, dizemos que a **água** é a **fase externa** da emulsão. O óleo separado também possui água em sua composição.





Fonte: GAUTO, Marcelo Antunes. *Petróleo e Gás: Princípios de Exploração, Produção e Refino*

A **principal diferença** operacional entre os separadores é que no separador trifásico há um **condutor de líquido**, que é uma **placa com o controle de nível** que **permite a passagem do óleo** por cima dela, **separando os dois líquidos**. Esse condutor também **diminui a perturbação na interface** óleo/água.



Além desse, há também um separador trifásico denominado **extrator de água livre** ou *Free Water Knockout (FWKO)*, que é utilizado para **separar e remover a água livre** presente no processo. Esse arranjo é **idêntico ao separador bifásico**, mas deve possuir **mais espaço para decantação** do líquido e deve **possuir um dispositivo para remoção da água livre**. Pela **menor diferença de densidades** entre a água e o óleo (ao compararmos entre o líquido e o gás), será necessário um **tempo de retenção maior** para uma separação eficiente.

2.2.4 – Separação Trifásica com Tratamento de Óleo.

A planta contém basicamente os mesmos sistemas do item anterior e adicionalmente possui um **tratador eletrostático** (para tratamento de óleo), que tem como objetivo reduzir o **teor de água**

emulsionada, a fim de enquadrar o óleo nos padrões de qualidade estabelecidos para o refino. Esses tópicos serão aprofundados na seção de **tratamento de óleo**.

Vejam os uma questão sobre o tema.



(DRM - 2011) Os fluidos produzidos por um poço de petróleo passam por separadores que podem ser bifásicos ou trifásicos e que podem atuar em série ou paralelo. Os vasos separadores baseiam-se nos seguintes mecanismos para separar o líquido do gás:

- a) ação da gravidade, separação inercial, aglutinação de partículas, desidratação e absorção refrigerada
- b) ação da gravidade, separação inercial, aglutinação de partículas e força centrífuga
- c) desidratação, dessulfurização, absorção refrigerada e turboexpansão
- d) desidratação, separação inercial, aglutinação de partículas e dessulfurização
- e) separação inercial, aglutinação de partículas, absorção refrigerada e turboexpansão

Comentários:

Conforme visto na teoria acima, os mecanismos nos quais os vasos separadores se baseiam são: **força gravitacional** (da gravidade), **separação inercial, aglutinação de partículas e força centrífuga**. Todos os demais referem-se ao **tratamento/condicionamento** (desidratação e dessulfurização) e **processamento** (absorção refrigerada e turboexpansão) do **gás natural**, que veremos a seguir. Portanto, a **assertiva correta** é a **letra B**.

(INÉDITA) Na fase inicial do processamento primário de petróleo, que ocorre dentro de vasos separadores metálicos, a maior separação do fluido multifásico acontece na seção de aglutinação das partículas, a qual promove a união e separação de pequenas gotículas.

Comentários:

Conforme visto, a maior fração do fluido é separada na **seção de separação primária**, que possui mecanismos **inerciais e centrífugos** de separação. Portanto, **assertiva incorreta**. As demais informações estão corretas.

2.3 – Principais Propriedades

Continuando, é importante ressaltar que a separação pode **ocorrer** em **diversos separadores**, em **série ou em paralelo**. Caso seja em **série**, o **primeiro deles** possuirá a **maior pressão de operação** e



a maior fração de recuperação de líquido. Por fim, os fatores mais relevantes para a eficiência de um separador são: Vazões dos fluídos, temperatura e pressão de operação.

2.4 – Problemas no Separador

As impurezas no líquido que chegam ao separador são a principal causa da Espuma. Ela dificulta o controle de nível de líquido interno (lembra dele?), reduz a capacidade do separador, diminuindo sua eficiência, uma vez que requer um tempo de retenção maior para que a espuma seja quebrada, e também pode ser arrastada pelo gás ou óleo. Sua solução é a utilização de placas/superfícies coalescentes ou produtos químicos para a quebra da espuma.

As Emulsões¹⁴ também causam problemas no controle de nível interno, pois diminuem o tempo de retenção efetivo, reduzindo sua eficiência. A solução é adição de calor ou de produtos químicos para minimizar o acúmulo de emulsão. **Observação:** Este procedimento será melhor efetuado na fase de tratamento de óleo.

Além disso, o óleo produzido pode conter moléculas de cadeia mais longa, conhecidas como Parafinas. Essas parafinas possuem um ponto de fusão muito baixo (<50°C), o que propicia sua deposição em equipamentos sensíveis como as placas coalescedoras ou como os extratores de névoa, obstruindo-os, o que reduz sua eficiência. Para a solução deste problema, podem ser utilizadas bocas de visita para a inserção de solventes de limpeza ou a adição de calor, evitando que o ponto de solidificação seja atingido.

Já a Areia pode causar erosão nas válvulas e obstrução de equipamentos, podendo ser removida por jatos de areia, ou drenos.

Por fim, o arraste é sempre ruim, pois um fluido leva outro (arrastando-o) para uma corrente diferente daquela que este último realmente deveria ir, o que exige um tratamento posterior dessa corrente que arrastou o outro fluido. Geralmente indicam problemas operacionais nos vasos separadores.

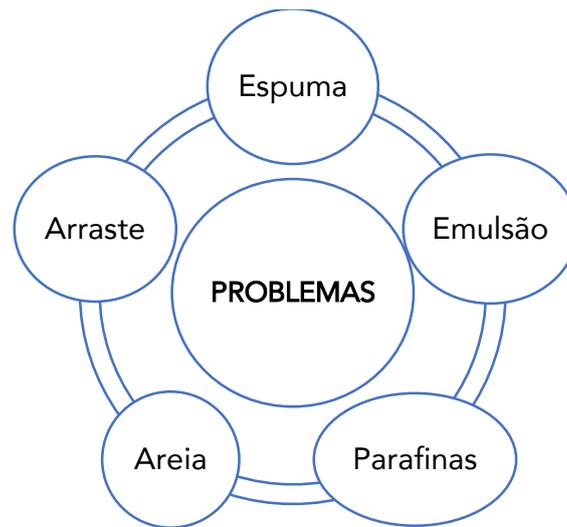
Como assim professor, poderia dar um exemplo?

¹⁴ Mistura de pequenas gotículas de água em óleo ou de óleo em água, separadas por uma película eletrostática que impede a coalescência (contato) dessas gotas, o que permitiria a sua aglutinação (crescimento) e facilitaria sua decantação.





Um exemplo é o **arraste de óleo** pela **corrente de gás**, ou seja, gotículas de óleo são arrastadas pelo gás para a corrente de gás. Isso pode **ocorrer** quando o **nível de líquido está alto** demais, pela formação de espuma, por projeto inapropriado, saída de líquido obstruída, dentre outras. Esquematisando, temos:



3 - Tratamento dos Fluidos

Após a separação inicial em um vaso separador trifásico, as 3 **correntes independentes** devem ser **tratadas**/condicionadas para seu transporte seguro e uso posterior. Vejamos como esse tratamento é feito.

3.1 - Tratamento do Gás Natural

O **Gás Produzido do Reservatório**, que é composto principalmente por hidrocarbonetos desde o metano (CH_4) ao hexano (C_6H_{14}), **sairá** do separador com **nitrogênio, vapor d'água e contaminantes** (H_2S - Gás sulfídrico e CO_2 - Dióxido de Carbono), os quais **devem ser condicionados**/tratados para reduzir ou remover esses teores de contaminantes **visando atender às especificações** (quantidade de enxofre, CO_2 e água).



CURIOSIDADE



O Gás Natural é considerado **rico** quando os **componentes** mais **pesados** que o **propano**, incluindo-o, for **maior que 7%**. Isso já foi **alvo de questões!**

3.1.1 – Dessulfurização

O processo de **Dessulfurização** visa **remover** os **gases ácidos** (H_2S e o CO_2), seja pela **absorção física** ou **absorção química**, pois são bastante corrosivos aos equipamentos e tubulações. A **absorção química** é feita por **processos reversíveis** que utilizam **soluções de aminas** (compostos nitrogenados).

3.1.2 – Desidratação

Objetiva remover os vapores d'água presentes no gás natural, podendo ser realizada por **absorção** ou **adsorção**.

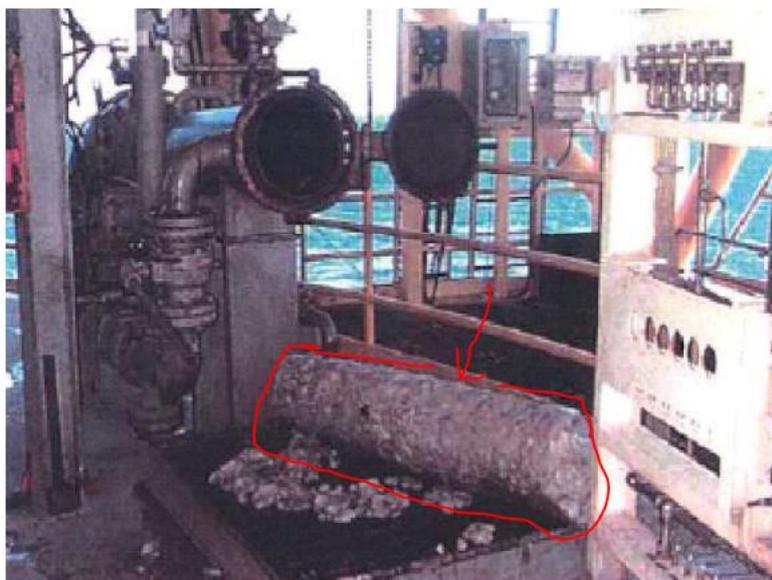
Pela **absorção**, uma solução de **glicol** (um tipo de álcool) **absorve a umidade** do gás, desidratando-o, quando o gás natural é lançado **em contracorrente** com o glicol.

Já pela **adsorção** (ato de reter uma molécula numa substância geralmente sólida), usa-se **alumina**, **silica-gel** e peneiras moleculares com **grande área superficial** que irá **reter a água** em seus poros.

Além desses, é possível também aplicar **inibidores químicos** para **reduzir a temperatura** de formação dos **hidratos**¹⁵, que se solidificam e bloqueiam o fluxo dos fluidos, sendo um dos principais problemas gerados pela água no gás. Veja a foto abaixo:

¹⁵ **Hidratos** são uma mistura de gás e água que se solidificam a temperaturas baixas com altas pressões.





Fonte: KUNERT, Rosana. **Processamento primário de petróleo.**



O uso de **inibidores químicos** mitiga um dos problemas da água, mas **não** é um **método de desidratação** em si. Foi colocado em conjunto apenas para fins didáticos.

3.1.3 – Processamento do Gás Natural

Após o tratamento, o **gás natural úmido** (por ainda **conter frações pesadas**, mais valiosas economicamente), é **levado** para uma Unidade de Processamento de Gás Natural (**UPGN**) para **separar** essas frações por meio da **liquefação**, as quais **se tornarão líquidas**, chamados de líquidos de gás natural (**LGN**). O gás natural sem frações pesadas é chamado de gás natural **seco**.

O mecanismo de processamento consiste em **diminuir a temperatura** do gás, objetivando **condensá-lo**¹⁶.

¹⁶ O **início da condensação/liquefação** ocorre quando o **ponto de orvalho do gás é atingido**, ou seja, a temperatura a uma dada pressão na qual surge a primeira gota de líquido.

Os **principais métodos de processamento** são: Expansão Joule-Thompson (expansão isentálpica), Refrigeração Simples (troca térmica com o gás propano), Absorção Refrigerada (ciclo de propano com absorção exotérmica com aguarrás) e a Turboexpansão (expansão isentrópica).

Observação: Os métodos acima estão em **ordem crescente de custo**. A Turboexpansão é 2 vezes mais eficiente que o Joule-Thompson, além disso, a Absorção Refrigerada é mais eficiente que a Refrigeração Simples.

Trago, por fim, uma tabela extraída da Apostila da Petrobrás¹⁷, sobre os parâmetros máximos aceitáveis¹⁸ da corrente de gás para o teor de água, H₂S e CO₂.

CORRENTE	PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO
Gás *	Teor de água	máx. 3 a 5 lb/Mscf (na BR: 2lb/Mscf)
	Teor de H ₂ S.	máx. 10 a 15 ppm
	Teor de Inertes, CO ₂	máx. 4% vol (na BR: 2%vol.)

3.2 – Tratamento do Óleo

A corrente de óleo recém-saída do vaso separador possui ainda uma boa quantidade de **água emulsionada**, que pode provocar diversos **problemas**, como, por exemplo: **superdimensionamento das instalações**, maior **consumo de energia** (para bombear essa água adicional, por exemplo), **riscos para a segurança operacional** (como danos às tubulações por corrosão, incrustação).

Para **evitá-los**, é necessário a **remoção dessa água emulsionada no óleo**. *Mas como fazer isso, professor?*



As **emulsões** são formadas durante o percurso do reservatório até a superfície, pela forte agitação dos fluidos na elevação e pela despressurização, sendo influenciados

¹⁷ Fonte: KUNERT, Rosana. **Processamento primário de petróleo**.

¹⁸ Onde Lb/mscf: libras por milhão de pé cúbico; ppm: partícula por milhão; vol: volume do inerte/CO₂ pelo volume do gás.

pela presença de **agentes emulsificantes**, como **asfaltenos, resinas, argilas**, sílica, sais metálicos, dentre outros.

É necessário **desestabilizar a emulsão**, ou seja, **enfraquecer a película** que cerca as gotas de água, impedindo-as de coalescer. Para tanto, utiliza-se **processos físicos e químicos** que aumentem a velocidade dessa coalescência.

Essa **desestabilização** pode ocorrer pela ação do calor/**termoquímico** (45-60°C) em tanques de lavagem/**permutadores de calor**, pela **eletricidade** (alta voltagem - 15 a 50kV - que força a atração das gotas), ao utilizar tratadores eletrostáticos e pelo uso de **desemulsificantes** (copolímeros de óxido de etileno e óxido de propileno).



Se for utilizado um campo elétrico **contínuo**, a coalescência ocorrerá por **eletroforese**, caso seja um campo elétrico **alternado**, ocorrerá por **dipolo induzido**.

Por fim, o óleo deve sair, **no máximo**, com os seguintes teores:



Água: 1% de Sedimentos Básicos (BSW)¹⁹

Sais: 285mg/L (mg de sais dissolvidos no óleo por Litro) - Há questões que usam 300mg/L.

Observação: O Óleo tratado nesta etapa ainda possui **frações leves** que serão separadas na refinaria.

¹⁹ BSW é a razão entre o volume de água e sedimentos pelo volume da emulsão.



(PETROBRÁS - 2011) Em unidades de produção de petróleo, após a separação gás-óleo-água, a corrente de óleo é aquecida em permutadores de calor para

- a) aumentar a densidade do óleo.
- b) aumentar a viscosidade do óleo.
- c) reduzir a quantidade de água produzida.
- d) diminuir o grau API do óleo.
- e) promover a quebra da emulsão água-óleo.

Comentários:

Pessoal, conforme vimos na teoria, o objetivo desse aquecimento em permutadores de calor é promover a **quebra da emulsão** água-óleo. Portanto, **a assertiva E** é a correta.

Comentando as outras assertivas, temos que nem **a densidade**, nem **a viscosidade** do óleo são aumentadas **com o aquecimento**, pelo contrário, **são reduzidos**. Por isso, as assertivas **a e b estão incorretas**.

O grau API do óleo é uma medida que se **relaciona** inversamente **com a densidade** relativa **do óleo** em relação a da água. *Não entendi professor, me explique melhor?*

Explicarei melhor ilustrando a equação:

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{\rho} - 131,5$$

Onde ρ é a densidade do óleo em relação a água medidos na condição padrão, ou seja 1 atm e 20°C. Se a densidade for 1, ou seja, igual a da água, o °API será 10, que é considerado pesado. Já, se a densidade for 0,8, ou seja, 80% da densidade da água, o °API será pouco mais que 45, o que é considerado leve. Vou deixar uma tabela da *American Petroleum Institute* para vocês,²⁰

²⁰ Retirado de SANTOS. Macel Henrique Araujo dos. **Estudo comparativo da injeção contínua de vapor e vapor com Solvente aplicado a um reservatório de óleo pesado com características do nordeste brasileiro.**



Tipo do Óleo	Densidade	° API
Leve	$\leq 0,87$	$\geq 31^\circ$
Mediano	$0,87 < \rho \leq 0,92$	$22^\circ \leq \text{API} < 31^\circ$
Pesado	$0,92 < \rho \leq 1,00$	$10^\circ \leq \text{API} < 22^\circ$
Extrapesado	$> 1,00$	$< 10^\circ$

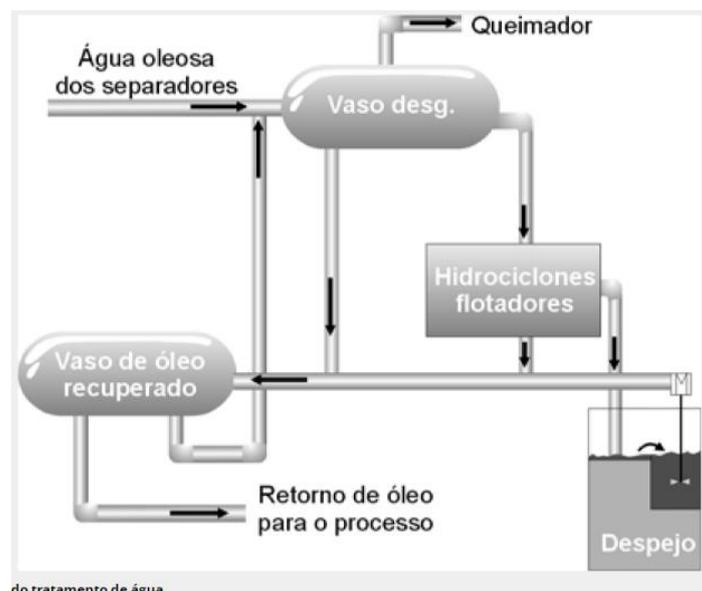
Dito tudo isso, ao **esquentar o óleo**, o seu **°API não muda. Assertiva D errada.**

Deixei a **letra c** por final, afinal, é a que pode ter deixado você com dúvidas.

Essa alternativa é uma **pegadinha**: A **água produzida** é influenciada pela posição dos poços em relação ao aquífero, caso exista, ou pela posição em que a água está sendo injetada no reservatório. Ou seja, está **relacionada ao reservatório** de petróleo e os seus poços, não no **tratamento de óleo** no processamento primário. Aqui **reduzimos a água emulsionada do óleo.**

3.3 – Tratamento da Água

Caros alunos, a **água** proveniente dos vasos separadores e tratadores de óleo é **enviada** para um **vaso desgaseificador**, seguindo daí para um **separador água/óleo** e finalmente para um **tubo de despejo**, que a enviará para seu destino final. Vejamos um fluxograma desse processo a seguir:



Fonte - THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da Engenharia de Petróleo.**

A função do **vaso desgaseificador** é **remover traços de gás** ainda presentes no líquido. Geralmente é um separador trifásico de **baixa pressão**. Os gases separados são encaminhados para um dispositivo de queima.

Quanto aos os processos de **separação óleo/água**, os mais utilizados atualmente são a **flotação** e os **hidrociclones**.

A **flotação** procura recuperar o resíduo de óleo através de **separação gravitacional**, enquanto que nos **hidrociclones** ocorre por meio de uma **força centrífuga**. Neste **último**, essa força centrífuga faz o óleo sair por cima e pelo centro do hidrociclone, enquanto a água sai por baixo e pelas paredes do equipamento. No geral, esses **equipamentos** são colocados em **série**, passando por eles diversas vezes, até atingir o rigor exigido pela legislação ambiental.

Por fim, o **tubo de despejo** possui **câmaras de decantação**, objetivando separar o que sobrou de óleo antes de enviar ao destino final desta água.

Todo óleo recuperado nas várias etapas é recolhido em um **tanque recuperador de óleo**, retornando ao processo.



À primeira vista, pode parecer mais simples **reinjetar** a água no reservatório, ao invés de descartá-la no mar. **Não caia nessa!** Para reinjetar, além do tratamento acima, pode ser necessário **efetuar outros tratamentos** para **evitar problemas** com tamponamento do reservatório e/ou processos corrosivos, os quais **não seriam necessários no descarte**.

Por fim, para o **descarte** da água produzida no **meio ambiente** no Brasil, o CONAMA²¹ exige um teor de óleos minerais²² (TOG) **menor que 20 mg/L** e **temperatura inferior a 40°C**. Se perguntarem de média aritmética **mensal**, querem o valor **29 mg/L**, se for valor máximo **diário, será de 42 mg/L**.²³

4 - Considerações Finais

Chegamos ao final dessa aula! Vimos um assunto pequeno com incidência de baixa a média, o que acaba entregando um bom custo-benefício, podendo ser o seu ponto diferencial na hora da prova.

²¹ Resolução 430/2011

²² Também chamado de Teor de Óleo e Graxas

²³ Resolução 393/2007



A pretensão desta aula é a de situar vocês com o finalzinho da cadeia de trabalho do Engenheiro de Petróleo, tão relevante atualmente, sobretudo pelas exigências ambientais a que será submetido o seu trabalho.

Quaisquer dúvidas, sugestões ou críticas entrem em contato conosco. Estou disponível no fórum no Curso, por e-mail e, inclusive, pelo *Instagram*.

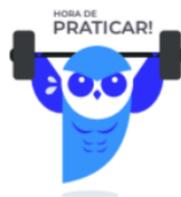
Aguardo vocês na próxima aula. Até lá!

João Victor Trigueiro

E-mail: jvtrigueiro@hotmail.com

Instagram: <https://www.instagram.com/jvtrigueiro96/>

QUESTÕES COMENTADAS



1. (CESPE/ANP – 2013) O processamento primário do petróleo possibilita a obtenção do máximo de componentes leves no petróleo a ser transportado para os terminais e para as refinarias.

Comentários:

Pessoal, o **erro** da assertiva se encontra no trecho "a obtenção do máximo de componentes leves no petróleo". Conforme vimos nas considerações iniciais, o processamento primário **possibilita a separação do óleo, do gás, da água e das impurezas**, bem como o **tratamento inicial** desses fluidos.

A obtenção do máximo de componentes leves no petróleo é adquirida na **refinaria**, nos processos de destilação. **Assertiva Incorreta.**

2. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2014) Durante o processamento primário do petróleo, geralmente realizado nos campos de produção, a primeira etapa normalmente refere-se à separação gás-óleo-água livre, realizada em separadores trifásicos. A etapa seguinte do processamento primário pode envolver o processo de



- (A) refino para desparafinização do óleo
- (B) remoção máxima da água emulsionada no óleo
- (C) redução dos teores de enxofre dissolvido no óleo
- (D) craqueamento de moléculas pesadas do óleo
- (E) clareamento do óleo para eliminar poluentes

Comentários:

Vamos analisar as alternativas.

Começou com **refino**, certamente não possui relação com processamento primário, portanto, assertiva **A está incorreta**. Cabe destacar, no entanto, que pode haver a desparafinização do óleo na etapa de processamento primário, quando este estiver causando problemas operacionais no escoamento, como também é visto na aula de elevação/escoamento. Todavia, como a questão cita **refino**, se refere a um processo posterior.

Conforme visto, a **separação da água emulsionada** no óleo formadas durante o transporte do reservatório até a superfície é uma das **etapas posteriores** do **tratamento do óleo** após sua separação inicial em um separador trifásico. Essa separação **pode ocorrer** por **processos** físicos e químicos que desestabilizam a emulsão, como **calor, eletricidade e desemulsificantes**. Portanto, a **assertiva B** é a **correta**. Por fim, cabe ressaltar que é uma remoção **máxima**, não **completa**.

A redução dos teores de enxofre dissolvido no óleo ocorre no **Refino**. O que pode ser encontrado no processamento primário é a **dessulfurização do gás natural**, na etapa de tratamento/condicionamento desse gás. Portanto, a **assertiva C** também **está incorreta**.

O craqueamento, ou seja, a quebra de moléculas de carbono em moléculas mais leves, que, no geral, possuem maior valor comercial, como você deve saber, é uma etapa do **Refino**. Por isso, não possui relação com processamento primário, portanto, **assertiva D está incorreta**.

Por fim, o clareamento do óleo é uma etapa do **Refino**, que visa remover poluentes, não sendo uma etapa do processamento primário. Portanto, **assertiva E está incorreta**.

3. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2012) Quando da produção, o petróleo apresenta diversos tipos de contaminantes, devendo ser tratado de modo que possa ficar estabilizado, com contaminantes em nível aceitável. O processamento primário para estabilização do petróleo utiliza um tanque trifásico, onde se separam as fases gasosa, oleosa e aquosa, sendo a parte oleosa a de interesse, e as demais, contaminantes. No processamento primário,



- a) o teor de água máximo na fase oleosa deve ser de 2% e, junto com a fase aquosa, são eliminados sais dissolvidos e resíduos sólidos.
- b) a fase oleosa deve conter, no máximo, 300 mg/L de sais e, no máximo, 1% de água.
- c) há eliminação de gases do petróleo através da fase gasosa, permitindo que o óleo estabilizado seja mais inflamável e menos corrosivo.
- d) eliminam-se gases como CO₂, H₂S e hidrocarbonetos aromáticos, garantindo que o óleo estabilizado seja menos corrosivo e menos tóxico.
- e) elimina-se totalmente a água, fazendo com que o processamento na refinaria possa ser mais fácil, evitando problemas de incrustação e corrosão.

Comentários:

Analisando as alternativas, percebe-se que a **assertiva A está incorreta**, pois o teor de água máximo na fase oleosa deve ser de **1%**.

A **assertiva B** está condizente com o que afirmamos na teoria, sendo a **resposta correta**.

A **assertiva C está incorreta** pois esta eliminação (ou melhor, redução dos gases) torna a corrente de **óleo menos inflamável**.

Pessoal, eliminação de hidrocarbonetos aromáticos é uma etapa que pode ocorrer no **refino**, não no processamento primário de petróleo. Além disso, há uma **redução** dos gases como CO₂, H₂S, **não eliminação**. Portanto, a **assertiva D está incorreta**.

Por fim, **elimina-se totalmente** a água? Claro que **não!** Tanto que o nível aceitável de água em óleo é de 1%. **Assertiva E incorreta**.

4. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2012) Ao longo da vida produtiva de um campo de petróleo, ocorre, geralmente, a produção simultânea de gás, óleo e água. Como o interesse econômico é somente na produção de óleo e gás, instalações de produção são projetadas para efetuar, sob condições controladas, o processamento primário desses fluidos. Esse processamento consiste na redução da pressão do petróleo oriundo do "manifold de produção" e na separação física desses fluidos.

Em relação a esse processamento, afirma-se que a(o)

- (a) água, por não formar uma mistura homogênea com o óleo, é totalmente separada nos separadores trifásicos, devido à diferença de densidades entre essas substâncias.



(b) água produzida nos separadores é, na realidade, uma salmoura, pois contém uma concentração elevada de sais orgânicos, pode ser reinjetada nos campos de produção para aumento da produção e ser descartada como um efluente.

(c) petróleo efluente dessas instalações é transportado para as refinarias ainda com um teor residual de água e de hidrocarbonetos mais leves.

(d) gás produzido nessa instalação é conhecido como gás natural e é enviado para os distribuidores, a fim de atender aos usos industrial, doméstico e veicular.

(e) gás produzido é formado por hidrocarbonetos de menos de 4 átomos de carbono, pois esses são gases nas condições de temperatura e pressão dos vasos de separação.

Comentários:

Analisando as assertivas, temos:

A assertiva **A** se encontra **incorreta**, pois a **água não é totalmente separada** nos separadores trifásicos. Nem mesmo após todo o tratamento do processamento primário o óleo estará totalmente livre da água.

Já a assertiva **B está incorreta**, pois **para a reinjeção é necessário** um **tratamento** ainda mais **rigoroso** que o **descarte**, o qual não comprometa a injetividade dos reservatórios, evitando o seu tamponamento. Além disso, o tratamento precisa evitar futuros problemas nos equipamentos relacionados à corrosão ou entupimentos. Por isso, a salmoura produzida **deve ser tratada** antes de reinjetada ou descartada.

A **assertiva C** é a nossa alternativa **correta**, pois, conforme vimos, o óleo imerso pode ter **até 1%** de Sedimentos Básicos e água (**BSW**) para ser enviado para as refinarias e o óleo possui, sim, **frações leves** que serão separadas na etapa do **refino**, por operações como a destilação fracionada.

Pessoal, o Gás separado nesta etapa **passará** por um condicionamento/**tratamento**, e, após ela, ele será chamado de gás natural úmido. Depois disso, será **enviado** para as unidades de processamento de gás natural (**UPGNs**), etapa em que se transformará no gás natural seco, para **só depois** ser enviado aos distribuidores. Por isso, a **assertiva D está incorreta**.

Por fim, conforme comentamos, o Thomas²⁴ considera o gás produzido é formado por gases desde o **metano até o hexano** (C_6H_{14}) mas, dependendo do autor a ser utilizado, eles consideram que o

²⁴ Principal referência na área de Fundamentos de Engenharia de Petróleo e a maioria das questões de concursos se baseiam em seu livro.



gás produzido possui hidrocarbonetos até Dodecano ($C_{12}H_{26}$). Por isso, a **assertiva E está incorreta**. Lembrem-se também que no processamento há a liquefação das frações mais pesadas, que iniciam-se no butano

5. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2010) No processamento primário de petróleo, o fluxo de um determinado glicol, feito em contracorrente com o gás natural produzido, tem como objetivo

- (a) possibilitar a eliminação de H_2S .
- (b) possibilitar a retirada do gás carbônico presente no gás natural.
- (c) reduzir o teor de água do gás natural produzido.
- (d) eliminar os sólidos em suspensão no gás natural.
- (e) aumentar o poder calorífico do gás natural.

Comentários:

Pessoal, na parte de tratamento do gás Natural,

A **assertiva A e B estão incorretas**, pois é a **dessulfurização** que possibilita a remoção do H_2S e CO_2 , podendo ser feita por **absorção física ou absorção química** que utilizam soluções de **aminas** (compostos nitrogenados).

A assertiva **C é a correta**, pois a absorção utilizando **glicol desidrata** (reduz o teor da água) o gás natural produzido.

O mecanismo **de gravidade** e os **extratores de névoa** é que reduzem os sólidos em suspensão no gás natural. Por isso, a assertiva **D está incorreta**.

O aumento do poder calorífico pode ser obtido pela **separação das frações mais pesadas** do Gás Natural, as quais possuirão maior poder calorífico. A passagem de glicol não objetiva aumentar essa propriedade. Por isso, **a assertiva E está incorreta**.

6. (CESGRANRIO/EPE - 2010) No processo de produção de um campo de petróleo há a necessidade de separar o petróleo, normalmente o produto de maior interesse, do gás, da água e de outras impurezas que são simultaneamente produzidas. Esse processo compreende o processamento primário dos fluidos que, dependendo das condições do reservatório e de produção, pode ser simples ou complexo. Nesse processo, um dos componentes mais



indesejados é a água, uma vez que a quantidade de água produzida, associada aos hidrocarbonetos, é variável pelo fato de o óleo e a água formarem emulsões.

Nesse contexto, um agente emulsificante frequente é(são) o(s)

- (a) metano.
- (b) dióxido de carbono.
- (c) propanos.
- (d) butanos
- (e) asfaltenos.

Comentários:

Pessoal, conforme visto na teoria, os principais agentes emulsificantes são: **asfaltenos**, resinas, argilas, sílica, sais metálicos. Portanto, a **assertiva E é a correta**.

Para **complementar**, esses compostos apresentam em suas moléculas regiões polares e apolares que lhes conferem um **caráter anfifílico** (hidrofílico e lipofílico), ou seja, **dupla afinidade**, tanto pela **água** como pelo **óleo**, respectivamente. Eles 'intensificam' a emulsão pela **repulsão elétrica** ou por **impedimento estérico** (parte apolar das moléculas dos emulsificantes que impede a aproximação e o contato entre as gotas)

Metano, propano e butano **são hidrocarbonetos**, ou seja, possuem afinidade entre si, são **lipofílicos**. Perceba que eles não possuem a característica de **dupla afinidade** e, portanto, não podem ser agentes emulsificantes. Logo, **assertivas A,C e D incorretas**.

Observação: Só de olhá-las nas alternativas, por possuírem **propriedades relativamente semelhantes**, você já **deveria eliminá-las**.

O **Gás Carbônico** é um **gás ácido**, corrosivo e **não possui uma dupla afinidade**, por isso, a assertiva **B não** pode ser a **correta**.

7. (CESGRANRIO/EPE - 2006) Na produção, o processamento primário dos fluidos destina-se inicialmente à separação dos diferentes fluidos e, secundariamente, ao condicionamento preliminar dos hidrocarbonetos e ao tratamento da água destinada à reinjeção ou ao descarte. Um vaso separador bifásico destina-se à separação dos líquidos do gás. Já um vaso separador trifásico destina-se, também, à separação:



- (a) da água do óleo.
- (b) do óleo leve do pesado.
- (c) do enxofre.
- (d) dos gases úmidos dos secos.
- (e) dos líquidos dos sólidos

Comentários:

Questão bem direta. Enquanto o separador bifásico separa o líquido do gás, o trifásico separa os líquidos: água e óleo. A Assertiva **A é a correta.**

Comentando brevemente as outras assertivas, temos: a separação do óleo leve e do pesado ocorre no refino. **B incorreta.**

A separação do enxofre pode ocorrer no refino, no caso do óleo, ou até na etapa de condicionamento do gás natural. **C incorreta.**

A separação dos gases úmidos dos secos ocorre no processamento do gás natural. **D incorreta.**

A separação do líquido dos sólidos ocorre em ambos os separadores e em etapas do tratamento das correntes separadas. Não é algo exclusivo do separador trifásico. **E incorreta.**

8. (CESPE/PETROBRÁS - 2008 - ALTERNATIVA E) No processo de tratamento para a obtenção de óleo e gás, a água que vem associada aos hidrocarbonetos é de fácil remoção e retirada já na etapa de produção, não trazendo inconvenientes nas etapas de transporte e refino.

Comentários:

Pessoal, a água **não** é de fácil remoção e, caso não seja feito um processamento primário de qualidade, **haverá sim, muitos inconvenientes** nas etapas de transporte e refino. **Assertiva incorreta.**

9. (INÉDITA) A Espuma dificulta o controle de nível de líquido interno, o que diminui sua eficiência, uma vez que requer um tempo de retenção menor para a separar o gás do líquido.

Comentários:

De fato, a espuma **diminui a eficiência** do vaso separador, no entanto, ela diminui essa eficiência exatamente por requerer um **tempo de retenção maior** para quebrá-la, para que possa haver a separação do gás do líquido, **não menor. Assertiva Incorreta.**



10. (INÉDITA) Após a separação da água produzida pelos vasos separadores trifásicos, esta poderá ser reinjetada diretamente no reservatório, uma vez que saiu do reservatório e, portanto, é compatível com ele, trazendo menos problemas ambientais do que caso fosse descartada no mar.

Comentários:

Pessoal, a água produzida **jamaís pode ser reinjetada diretamente** no reservatório, pois pode causar o seu **tamponamento, poluir o aquífero** subjacente do reservatório, caso exista, possuindo impactos irreparáveis ao meio ambiente, sem falar dos **problemas operacionais e de segurança**.

A água produzida vem misturada com óleo, gás, sólidos extraídos do reservatório, o que não existia antes do reservatório entrar em produção. (O aquífero, caso exista, estaria intocado, por uma decantação natural que ocorre ao longo dos anos). Então, a **afirmação da compatibilidade** entre o **reservatório e a água** produzida também **não é uma verdade absoluta**. Por isso, a **assertiva está incorreta**.

LISTA DE QUESTÕES

1. (CESPE/ANP – 2013) O processamento primário do petróleo possibilita a obtenção do máximo de componentes leves no petróleo a ser transportado para os terminais e para as refinarias.
2. (CESGRANRIO/PETROBRÁS-2014) Durante o processamento primário do petróleo, geralmente realizado nos campos de produção, a primeira etapa normalmente refere-se à separação gás-óleo-água livre, realizada em separadores trifásicos. A etapa seguinte do processamento primário pode envolver o processo de
 - a) refino para desparafinização do óleo
 - b) remoção máxima da água emulsionada no óleo
 - c) redução dos teores de enxofre dissolvido no óleo
 - d) craqueamento de moléculas pesadas do óleo
 - e) clareamento do óleo para eliminar poluentes
3. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2012) Quando da produção, o petróleo apresenta diversos tipos de contaminantes, devendo ser tratado de modo que possa ficar estabilizado, com contaminantes em nível aceitável. O processamento primário para estabilização do petróleo utiliza um tanque trifásico, onde se separam as fases gasosa, oleosa e aquosa, sendo a parte oleosa a de interesse, e as demais, contaminantes. No processamento primário,



- a) o teor de água máximo na fase oleosa deve ser de 2% e, junto com a fase aquosa, são eliminados sais dissolvidos e resíduos sólidos.
- b) a fase oleosa deve conter, no máximo, 300 mg/L de sais e, no máximo, 1% de água.
- c) há eliminação de gases do petróleo através da fase gasosa, permitindo que o óleo estabilizado seja mais inflamável e menos corrosivo.
- d) eliminam-se gases como CO₂, H₂S e hidrocarbonetos aromáticos, garantindo que o óleo estabilizado seja menos corrosivo e menos tóxico.
- e) elimina-se totalmente a água, fazendo com que o processamento na refinaria possa ser mais fácil, evitando problemas de incrustação e corrosão.

4. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2012) Ao longo da vida produtiva de um campo de petróleo, ocorre, geralmente, a produção simultânea de gás, óleo e água. Como o interesse econômico é somente na produção de óleo e gás, instalações de produção são projetadas para efetuar, sob condições controladas, o processamento primário desses fluidos. Esse processamento consiste na redução da pressão do petróleo oriundo do "manifold de produção" e na separação física desses fluidos.

Em relação a esse processamento, afirma-se que a(o)

- (a) água, por não formar uma mistura homogênea com o óleo, é totalmente separada nos separadores trifásicos, devido à diferença de densidades entre essas substâncias.
- (b) água produzida nos separadores é, na realidade, uma salmoura, pois contém uma concentração elevada de sais orgânicos, pode ser reinjetada nos campos de produção para aumento da produção e ser descartada como um efluente.
- (c) petróleo efluente dessas instalações é transportado para as refinarias ainda com um teor residual de água e de hidrocarbonetos mais leves.
- (d) gás produzido nessa instalação é conhecido como gás natural e é enviado para os distribuidores, a fim de atender aos usos industrial, doméstico e veicular.
- (e) gás produzido é formado por hidrocarbonetos de menos de 4 átomos de carbono, pois esses são gases nas condições de temperatura e pressão dos vasos de separação.

5. (CESGRANRIO/PETROBRÁS - 2010) No processamento primário de petróleo, o fluxo de um determinado glicol, feito em contracorrente com o gás natural produzido, tem como objetivo

- (a) possibilitar a eliminação de H₂S.



- (b) possibilitar a retirada do gás carbônico presente no gás natural.
- (c) reduzir o teor de água do gás natural produzido.
- (d) eliminar os sólidos em suspensão no gás natural.
- (e) aumentar o poder calorífico do gás natural.

6. (CESGRANRIO/EPE - 2010) No processo de produção de um campo de petróleo há a necessidade de separar o petróleo, normalmente o produto de maior interesse, do gás, da água e de outras impurezas que são simultaneamente produzidas. Esse processo compreende o processamento primário dos fluidos que, dependendo das condições do reservatório e de produção, pode ser simples ou complexo. Nesse processo, um dos componentes mais indesejados é a água, uma vez que a quantidade de água produzida, associada aos hidrocarbonetos, é variável pelo fato de o óleo e a água formarem emulsões.

Nesse contexto, um agente emulsificante frequente é(são) o(s)

- (a) metano.
- (b) dióxido de carbono.
- (c) propanos.
- (d) butanos
- (e) asfaltenos.

7.(CESGRANRIO/EPE - 2006) Na produção, o processamento primário dos fluidos destina-se inicialmente à separação dos diferentes fluidos e, secundariamente, ao condicionamento preliminar dos hidrocarbonetos e ao tratamento da água destinada à reinjeção ou ao descarte. Um vaso separador bifásico destina-se à separação dos líquidos do gás. Já um vaso separador trifásico destina-se, também, à separação:

- (a) da água do óleo.
- (b) do óleo leve do pesado.
- (c) do enxofre.
- (d) dos gases úmidos dos secos.



(e) dos líquidos dos sólidos

8. (CESPE/PETROBRÁS - 2008 - ALTERNATIVA E) No processo de tratamento para a obtenção de óleo e gás, a água que vem associada aos hidrocarbonetos é de fácil remoção e retirada já na etapa de produção, não trazendo inconvenientes nas etapas de transporte e refino.

9. (INÉDITA) A Espuma dificulta o controle de nível de líquido interno, o que diminui sua eficiência, uma vez que requer um tempo de retenção menor para a separação do gás com o líquido.

10. (INÉDITA) Após a separação da água produzida pelos vasos separadores trifásicos, esta poderá ser reinjetada diretamente no reservatório, uma vez que saiu do reservatório e, portanto, é compatível com este, trazendo menos problemas ambientais do que caso fosse descartada no mar.

GABARITO



1. INCORRETA
2. B
3. B
4. C

5. C
6. E
7. A
8. INCORRETA

9. INCORRETA
10. INCORRETA



RESUMO

○ Objetivo do Processamento Primário:

- Separação do **óleo, do gás, da água** e de impurezas como **sedimentos (areia)**, sais inorgânicos, sólidos, dentre outros.
- **Tratamento/condicionamento/estabilização dos hidrocarbonetos (óleo e gás natural)**
- **Tratamento da água.**

○ É um **tratamento inicial**, predominantemente **físico/mecânico**, **não separa completamente** as fases, ou seja, ainda haverá mistura dos outros fluidos.

○ **Não haverá quebra** de frações **do petróleo.**

○ No tratamento, os vasos separadores **horizontais** são **mais eficientes e baratos, sendo, por isso, mais utilizados**, mas **ocupam mais espaço** que os **verticais.**

○ Quanto aos **arranjos principais**, existem: sem separação dos fluidos, com **separação bifásica**, com **separação trifásica** e com separação trifásica e tratamento do óleo.

○ **Mecanismos** utilizados nos vasos separadores: ação da **gravidade**, separação **inercial**, **aglutinação** de partículas e força **centrífuga.**

○ A separação pode **ocorrer** em **diversos separadores**, em **série ou em paralelo.** Caso seja em **série**, **o primeiro deles** possuirá a **maior pressão de operação** e a **maior fração de recuperação** de líquido.

○ Os **problemas nos separadores** são: A **Espuma** (formada por impurezas no líquido) e as **Emulsões**, que afetam o **controle de nível**, reduzindo a eficiência do separador. São **solucionadas** utilizando **placas/superfícies coalescentes** e **adição de calor**, respectivamente ou produtos químicos.

○ As **Parafinas** obstruem as tubulações e podem ser retiradas utilizando **bocas de visita** para a **inserção de solventes de limpeza** ou a **adição de calor.** Já a **Areia** pode causar **erosão nas válvulas** e **obstrução de equipamentos**, podendo ser **removida** por **jatos** de areia, ou drenos. Por fim, o **Arraste** **indica problemas operacionais** nos vasos separadores.

○ O **Gás Natural** pode ser **tratado** tanto para **diminuir os gases ácidos**, pela **Dessulfurização**, a qual pode utilizar **aminas**, quanto para mitigar os **problemas** gerados pela **água**, utilizando a **Desidratação** (que pode utilizar **glicol**) e a **Inibição Química** de Hidratos.



- O tratamento do **óleo** visa a **remoção da água** emulsionada no óleo, **desestabilizando a emulsão**, podendo ocorrer pela ação do calor/**termoquímico** (45-60°C) pela **eletricidade** (alta voltagem) e pelo uso de **desemulsificantes** (copolímeros).
- O óleo deve sair, **no máximo**, com os seguintes teores: Água: 1% de Sedimentos Básicos (BSW) e Sais: 285mg/L.
- O CONAMA exige um teor de óleos e graxas (**TOG**) para **descarte** da água produzida no **meio ambiente** no Brasil **menor que 20 mg/L**, com **temperatura inferior a 40°C**.



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.