

***ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS
AVANÇADOS NAS INDÚSTRIAS PETROQUÍMICAS***

***STUDY OF THE USE OF ADVANCED CERAMIC MATERIALS IN
PETROCHEMICAL INDUSTRIES***

***MYKAELEM SAYBRETT FAYARA EUGÊNIO; FRANCIANE DINIZ COGO;
LUCÍOLA LUCENA DE SOUSA; AMANDA STÉPHANE RODRIGUES MESSIAS;
EDUARDA PEREIRA DE OLIVEIRA***

RESUMO

Materiais cerâmicos são os mais antigos utilizados pela humanidade, tendo-se relatos de seu emprego desde a pré-história, porém, com o passar das décadas, esses materiais foram sendo adaptados para atender as necessidades de cada época vivida pela humanidade. Para as cerâmicas avançadas, a história não foi diferente e sua utilização iniciou-se com a necessidade de se aprimorar diversas tecnologias em diversas áreas como a aeronáutica, eletrônica, petroquímica, entre outras áreas de destaque no desenvolvimento nas últimas décadas. A necessidade de aprimoramento dessas tecnologias exige as cerâmicas como matérias-primas mais sofisticadas. A principal diferença entre a cerâmica avançada e a comum é a maior exigência. Quando se usa as cerâmicas avançadas, desejasse reduzir o número de variáveis envolvidas com o material: trabalhando com matérias-primas relativamente puras, processos rigorosamente controlados e sofisticadas técnicas de caracterização. Para a utilização dos materiais cerâmicos na petroquímica, materiais de alta tecnologia e boa qualidade devem ser utilizados, pois sua utilização engloba desde os testes de laboratório mais simples, tais como os de caracterização de poços; extração e refino do óleo, diversos processos de separações até vários tratamentos de descarte de resíduos. Para essas etapas o uso dos materiais cerâmicos avançados tem grande importância, já que esses devem garantir a eficácia do processamento, responsabilidade com o meio ambiente, serem duráveis e ainda reproduzirem alto grau de tecnologia para facilitar seu uso em lugares que às vezes são de difícil acesso ao homem.

Palavra Chave: Materiais Cerâmicos; Tecnologia e Indústria.

ABSTRACT:

Ceramic materials are the oldest used by humanity, with reports of your job since prehistoric times, however, over the decades, these materials have been adapted to meet the needs of each season experienced by humanity. For the advanced ceramics, the story was no

different and your use started with the need to enhance various technologies in several areas as aeronautics, electronics, petrochemicals, among other areas of emphasis in the development in last decades. The need for improvement of these technologies requires ceramics as more sophisticated raw materials. The main difference between the advanced ceramic and common is the highest requirement. When using the advanced ceramics, wanted to reduce the number of variables involved with the material: working with relatively pure raw materials, strictly controlled processes and sophisticated techniques of characterization. For the use of ceramic materials in petrochemical, high-tech materials and good quality should be used, because your use comprises from the simplest laboratory tests, such as the characterization of wells; extraction and refining of oil, several separations processes to various treatments of waste disposal. For these steps the use of advanced ceramic materials has great importance, since these must guarantee the effectiveness of the processing, environmental responsibility, be durable and still reproduce high degree of technology to facilitate your use in places that are sometimes difficult to access.

Keywords: Ceramics; Technology and industry.

Introdução

CERÂMICAS AVANÇADAS

As cerâmicas são os materiais mais antigos estudados pela engenharia, principalmente na confecção de materiais artesanais, porém, com o passar do tempo e de acordo com as necessidades, esses materiais foram sendo adequados a várias utilizações e hoje em dia representam alguns dos materiais mais avançados, sendo desenvolvidos para a indústria aeroespacial, eletrônica, petrolífera e muitas outras indústrias que necessitam de matéria prima com desenvolvimento e acabamento de grande qualidade.

Esses materiais avançados apresentam características individualmente projetadas para servir aplicações específicas de modo a aperfeiçoar um conjunto particular de propriedades requeridas. Muitas dessas cerâmicas técnicas modernas exibem propriedades que nunca foram antes pensadas pelos ceramistas do passado (Oliveira; Queiroz e Moreira, 2010).

Para distinguir essas cerâmicas técnicas de cerâmicas mais tradicionais, o termo ‘cerâmica avançada’ tem sido usado. A principal diferença entre esses materiais é a maior exigência.

O surgimento das cerâmicas avançadas começou com a necessidade de sofisticação e aprimoramento tecnológico dos materiais cerâmicos em diversas áreas. Basicamente, as cerâmicas avançadas e as tradicionais são iguais, podendo ser aplicadas para as mesmas finalidades, porém o número de variáveis envolvidas no processamento é reduzido, a matéria-prima é extremamente pura, em sua maioria sintética e por isso muito cara, o processo é controlado rigorosamente e as caracterizações são técnicas, sofisticadas quando se trata da cerâmica avançada. Na maioria das vezes são utilizadas novas técnicas de conformação, tratamentos específicos de sinterização e requerem extensivos acabamentos e testes antes de serem colocados em uso. (Oliveira; Queiroz e Moreira, 2010).

1.2 PETRÓLEO

O petróleo é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com cheiro característico e de cor variando entre o negro e o castanho escuro. O petróleo consiste fundamentalmente de carbono, hidrogênio e quase sempre enxofre, sob a forma de hidrocarbonetos, que se formaram naturalmente, portanto, prontos para serem separados nas Refinarias. Eles podem existir nos estados: sólido, líquido e gasoso dependendo das condições de pressão e temperatura as quais são sujeitos (Epud Aquino, 2010).

O petróleo encontrado nas bacias sedimentares, como acumulações comerciais, depende das características e do arranjo de certos tipos de rochas que ocorreram durante um período geológico no subsolo das bacias. Existem várias teorias sobre a formação do petróleo (Brito 2005). Elas podem ser classificadas em inorgânicas e orgânicas. As teorias inorgânicas explicam a formação do petróleo assumindo reações químicas entre a água, dióxido de carbono e várias substâncias inorgânicas, tais como carbetos e carbonatos, presentes na Terra. As teorias orgânicas assumem que o petróleo é formado da decomposição de organismos animais e vegetais que viveram durante as eras geológicas anteriores. Segundo a teoria orgânica da formação do petróleo, os hidrocarbonetos são gerados a partir da matéria orgânica acumulada junto com os sedimentos. Após a geração, os hidrocarbonetos migram da rocha geradora para a rocha reservatório, cujas características principais são porosidade e permeabilidade, ou seja, um sistema de

poros interconectados possibilitando o escoamento dos fluidos através da mesma. Para que não ocorram exsudações naturais dos hidrocarbonetos até a superfície, a rocha reservatório é envolvida por uma rocha impermeável, chamada capeadora. A ocorrência comercial do petróleo é, portanto, função das condições geológicas que venham a permitir a geração, armazenamento e aprisionamento de hidrocarbonetos (Figura 1) (Rosário, 1991).

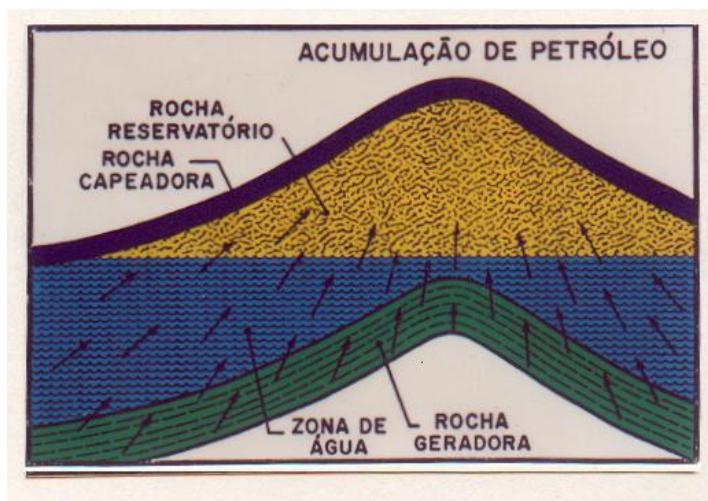


Figura 1 - Estrutura geológica para acumulação de petróleo.

As rochas reservatórios são, em sua maioria, compostas por aluminas-silicato. A fim de reproduzir as condições de transporte dessas rochas, muitos filtros cerâmicos empregados na indústria do petróleo são atualmente a base de sílica e alumina. Os filtros cerâmicos são utilizados a partir de pressão capilar. Esses filtros são seletivos, onde em uma mistura água-óleo, somente água é permeável. O óleo, nos poços, é armazenado nos pequenos poros da rocha reservatório ($d < 100\mu\text{m}$) onde coexiste com a água, provavelmente formando uma fase gasosa. São as forças capilares que seguram o óleo nesses pequenos poros. Essa força depende, entre outros fatores, do tamanho dos poros e da molhabilidade (ângulo de contato). A pressão capilar e as funções de permeabilidade são cruciais para descrever quantitativamente a vazão e o transporte dos fluidos que estão na superfície.

Os fluidos contidos no sistema poroso da rocha reservatório coexistem em equilíbrio em condições de subsuperfície (temperatura e pressão) e podem ser caracterizados de forma geral, como uma fase gasosa, constituída principalmente de hidrocarbonetos leves, uma fase líquida, constituída de hidrocarbonetos e, uma fase

líquida denominada água de formação e caracterizada como solução aquosa contendo concentração variável de diferentes espécies iônicas. As forças gravitacionais e capilares controlam a distribuição desses fluidos nas acumulações de petróleo. As forças gravitacionais fazem com que os fluidos menos densos ocupem as posições mais altas na rocha reservatório. As forças capilares tendem a causar um aumento do fluido molhante dentro dos poros. A água, em geral, é o fluido molhante em relação ao óleo e ao gás, e o óleo é o fluido molhante em relação ao gás.

A capilaridade tende agir contra a força da gravidade para separação dos fluidos. Uma típica distribuição de fluidos, resultante do equilíbrio das forças gravitacionais e capilares, é mostrada esquematicamente na Figura 2 (Rosário, 1991).

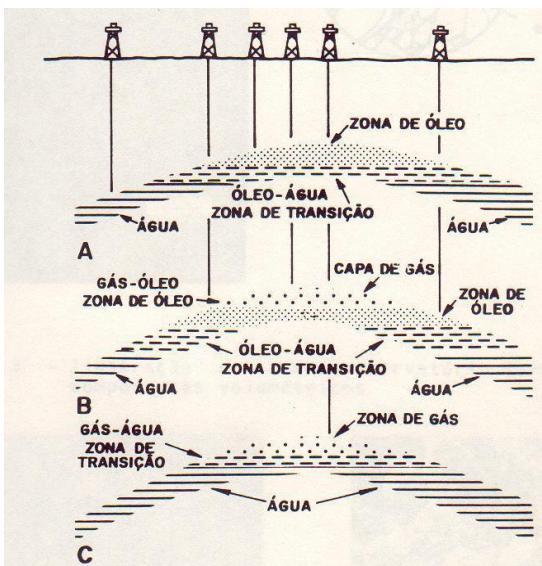


Figura 2 - Distribuição de fluidos na rocha reservatório. (A) reservatório de óleo, (B) reservatório de óleo e gás, (C) reservatório de gás não associado.

1.3 A INDÚSTRIA CERÂMICA E A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

A moderna indústria petrolífera desenvolveu-se em meados do século XIX, quando poços de pequena profundidade começaram a ser perfurados ao redor do mundo. O primeiro poço comercial de produção elevada foi perfurado nos Estados Unidos, na Pensilvânia, por Edwin Laurentine Drake, por meio de uma técnica elaborada para a exploração das minas de sal em 1859. A descoberta de suas

vantages e a crescente necessidade de aumento de produção e transporte desse precioso material contribuiu para o desenvolvimento de novos materiais e processos. A partir de então a humanidade passou a observar um desenvolvimento industrial sem precedentes (International Energy Agency, 2009).

A indústria de petróleo tem mudado muito ao longo do século vinte. A tecnologia de produção e exploração está constantemente se aperfeiçoando, criando meios de encontrar óleo e gás em lugares incrivelmente remotos, quase inacessíveis. As companhias de óleo e gás estão crescendo de acordo com a demanda dos consumidores. A população global crescente está requerendo mais produtos derivados do petróleo, o que requer um aumento da capacidade de refinamento (Aquino, 2010). Aperfeiçoar os processos e aumentar a eficiência do uso de energia utilizando pesquisa tecnológica e desenvolvimento são as chaves para superar os desafios e manter a viabilidade da indústria de refino de petróleo.

Atualmente o Brasil é o pioneiro na exploração de petróleo em águas profundas. Isto se deve às suas características diferenciadas, as quais notadamente pressupõem maior esforço e desenvolvimento tecnológico. A Petrobrás, empresa brasileira fundada em 1953 passou a investir em pesquisa e desenvolvimento ao longo dos anos e firmou parceria com diversas universidades, podendo, desta maneira, explorar águas cada vez mais profundas e tornando-se reconhecida internacionalmente como líder em tecnologia offshore (Folha de São Paulo, 2003).

Corpos cerâmicos são usados em diversas etapas na indústria do petróleo. Seu uso é tão abrangente que engloba desde os testes de laboratório, tais como os de caracterização de poços; extração e refino do óleo, diversos processos de separações até vários tratamentos de descarte de resíduos.

APLICAÇÕES

No trabalho, selecionamos a partir das literaturas algumas aplicações de materiais cerâmicos na indústria do petróleo, priorizando as tradicionais, recentes e inovadoras.

2.1 CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

Depois da descida da coluna de revestimento, geralmente o espaço anular entre a tubulação de revestimento e as paredes do poço é preenchido com cimento, de modo a fixar a tubulação e evitar que haja migração de fluidos entre as diversas zonas permeáveis atravessadas pelo poço, por detrás do revestimento. A cimentação de um poço de petróleo é um processo muito importante e requer vários cuidados. O cimento é um tipo de cerâmica que possui principalmente os devidos componentes: cal (CaO); a sílica(SiO₂); a alumina(Al₂O₃) e o óxido de ferro(Fe₂O₃). Essas matérias-primas ajudam na obtenção de compostos mais complexos na hora da cura do cimento. A alumina controla a pega inicial e o tempo de endurecimento da pasta, sendo a responsável pela baixa resistência aos sulfatos. O óxido de ferro controla a resistência à corrosão química do cimento. A sílica controla a resistência inicial do cimento (até 28 dias) é o composto mais abundante no cimento. O silicato de cálcio (C₂S) possui uma baixa resistência mecânica inicial, porém confere ao cimento, um aumento da resistência mecânica em longo prazo. Junto a essa cimentação são adicionados vários aditivos para um melhor desempenho. A adição de argilas (bentonita, atapulgita,etc.) aumentam o rendimento de absorção de água, mantendo a pasta mais homogênea e diminuindo a absorção de água, aceleraram os processos de pega como no caso do NaCl e CaCl₂, para promover o retardamento com a utilização de organometálicos, são utilizados também materiais lignossulfonatos como dispersantes, carboxi-metil-celulose como controle de filtrados e a sílica para ser utilizado em um processo de retrogradação (Benvindo; Adolfo, 2003).

As propriedades das cerâmicas são importantes, pois a presença de sílica faz com que a temperatura de fusão seja alta e tenha um baixo coeficiente de expansão, além de resistência a choques térmicos e produtos químicos de laboratório. Em alguns casos este procedimento é realizado com nitrogênio ou microesferas cerâmicas para criar pastas excepcionalmente leves.

2.2 FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

As cerâmicas também são utilizadas na composição dos fluidos de perfuração. Os fluidos são misturas complexas de sólidos, líquido, produtos químicos e até gases. Seu principal objetivo é garantir uma perfuração rápida e

segura, além de resfriar e lubrificar a broca de perfuração, limpar o fundo do poço dos detritos gerados durante a perfuração e transportá-los para a superfície, estabilizar o poço e permitir uma adequada avaliação da formação geológica.

A utilização de fluidos de circulação para a perfuração se iniciou com um engenheiro francês Flauville, em 1833, onde na perfuração de um poço, foi encontrado um aquífero e com a água que jorrava percebeu-se que poderia transportar para fora do poço os detritos resultantes da perfuração (Castelli, 1994). Na década de 1950 existiam poucos produtos para fluido de perfuração, aumentando para mais de 1400 tipos de fluido nas décadas de 1980 e 90 (Gray e Darley, 1981). À medida que a profundidade dos poços aumentava, os fluidos de perfuração ganhavam maior importância, na magnitude que em termos técnicos, o sucesso da perfuração de um poço depende fortemente das composições dos fluidos que são utilizados.

Segundo Darley e Gray (1988), os fluidos devem carrear o material cortado pela broca e transportá-lo para a superfície através do espaço anular do poço; resfriar e limpar a broca; reduzir a fricção entre o colar da coluna de perfuração e as paredes do poço; manter a estabilidade da seção do poço não revestida; controlar a pressão para evitar a entrada de fluxos de óleo, gás ou água proveniente das rochas perfuradas; formar um reboco pouco espesso, ter baixa permeabilidade para que sele os poros e outras aberturas na formação penetrada pela broca; ajudar na coleta e interpretação de informações disponíveis a partir de amostras de calha, testemunho de sondagem e perfis elétricos; promover o efeito de flutuação.

O processo da utilização do fluido ocorre da seguinte maneira. O fluido de perfuração é bombeado para dentro do poço através da tubulação central. Ao sair, sob pressão, no final do tubo, o fluido arrasta os detritos de rocha e retorna à superfície pelo espaço anular entre a tubulação e as paredes do poço. O fluido deve circular a uma velocidade maior do que a velocidade de sedimentação das partículas removidas, a fim de que os resíduos possam chegar à superfície (Castelli, 1994).

Esses procedimentos tiveram início com a Baroid Sales Company que, em 1931, iniciou a comercialização da bentonita com o nome de Aquagel, para ser usado como fluido de perfuração à base de água doce, nos campos de petróleo americanos (Castelli, 1994).

Os fluidos usados atualmente na perfuração, completação e operações especiais nos poços de petróleo são misturas de diferentes produtos cuidadosamente selecionados para atender às condições específicas de cada poço.

Os fluidos de perfuração podem ser classificados segundo seus componentes principais que podem ser a água, o óleo e o gás, que por sua vez podem ser utilizados juntos em uma única aplicação (Castelli, 1994).

Um tipo de fluido utilizado é o fluido a base de água que utiliza a argila tipo bentonita em sua composição e vários outros componentes. A água tem a função de prover o meio de dispersão para os materiais coloidais, a bentonita controla a viscosidade, limite de escoamento, forças gêis e filtrados em valores adequados para conferir ao fluido uma boa taxa de remoção dos sólidos perfurados e capacidade de estabilização das paredes do poço. Contudo, há a necessidade de aditivação polimérica como alternativa para adequar as propriedades como: viscosidade aparente, viscosidade plástica e o limite de escoamento. A aditivação polimérica atribui às argilas bentoníticas melhores propriedades reológicas e de filtração dos fluidos de perfuração viabilizando o desenvolvimento de compostos bentonita /polímeros para uso na perfuração de poços de petróleo (Oliveira; Queiroz; Moreira, 2010).

Os minerais industriais são muito utilizados nos segmentos da indústria do petróleo, os mais utilizados são a bentonita, barita, atapulgita, sepiolita, vermiculita, magnetita porosa, carbonato de cálcio, mica, perlita expandida, lignina, mica, grafita, cloreto de sódio, gipsita e gilsonita. A perfuração de poços de petróleo é o segmento que usa a maior quantidade de minerais industriais, destacando-se seis funções básicas: modificador de densidade; promotor de viscosidade (“viscosifier”); agente anti-espessante (“thinner”); material contra perda de circulação; estabilizadores e lubrificantes (Shackelford, 2008).

O modificador de densidade é utilizado para diminuir uma possível pressão elevada na hora da furação de poços levando em consideração que o poço passa por varias camadas terrestres, este material também é utilizado para impedir que o petróleo ou o gás jorre do poço. Os materiais que são utilizados como fluidos são os minerais com elevado peso específicos como a hematita e a galena, no Brasil,

somente a barita é utilizada para esta finalidade. Na tabela 1 podem ser observados alguns materiais com suas propriedades e aplicações.

Tabela 1: Minerais industriais para perfuração de poços de petróleo e gás. (Gray e Darley, 1981).

Aditivos	Forma	Uso
Atapulgita	Pó < 75 µm	Controlador de viscosidade em água salgada
Barita	Pó < 75 µm	Agente controlador de densidade
Bentonita	Pó < 75 µm	Agente controlador de viscosidade
Terras diatomáceas	Pó	Perda de circulação
Galena	Pó	Agente controlador de densidade
Gilsonita	Pó	Agente estabilizador
Grafita	Escama	Agente lubrificante
Gipsita	Pó	Agente estabilizador
Hematita	Pó < 75 µm	Agente controlador de densidade
Leonardita	Pó	Afinador (redutor de viscosidade)
Calcário	Pó	Agente para redução de densidade
Mica	Escama	Controle de densidade Perda de circulação
Perlitita	Pó	Perda de circulação
Areia de Quartzo	Areia	Aumentar a permeabilidade da formação produtora de petróleo
Sal (NaCl)	Granular	Estabilizador
Sepiolita	Pó < 75 µm	Agente controlador de viscosidade em água salgada
Siderita	Pó	Controlador de baixa densidade
Barrilha	Pó	Para remover sais de Cálcio
Vermiculita	Escama	Para evitar perda de circulação

A viscosidade é uma propriedade de grande importância nos fluidos de perfuração de poços. Um fluido viscoso suspende e transporta até a superfície, com mais eficiência, os detritos resultantes da ação da broca giratória sobre a rocha. Por outro lado, a pressão necessária para o bombeamento e a dificuldade para a remoção dos detritos antes do descarte, aumentam com a viscosidade do fluido, o material utilizado para esta finalidade é o promotor de viscosidade. Os principais minerais utilizados para esta finalidade são a bentonita sódica e a bentonita cárquica, que conferem viscosidade à lama de perfuração à base de água doce. Para a água salgada é utilizada a atapulgita ou a sepiolita, são utilizadas também as argilas

organofílicas que são bentonitas modificadas com surfatantes, estas são usadas em lamas à base de óleo para aplicações especiais.

O material contra a perda de circulação é utilizado durante a furação de poços no intuito de que quando se avança em direção ao reservatório, para evitar infiltrações a formação rochosa deve permanecer impermeável. O mineral mais utilizado para esta finalidade (selantes) é a mica, que reduz perdas de circulação (Benvindo, 2003).

Quando os poços atravessam uma camada de sal, no entanto, o contato do fluido pode provocar a erosão e desestabilização das paredes do poço, os mesmos ocorrem em poços que atravessam camadas de argila. Um fluido então de agente inibidor deve ser aplicado. A gipsita e a gilsonita a gipsita ou a gilsonita são utilizados para assegurar a estabilização do poço, dependendo da natureza da formação atravessada pela perfuração. A gipsita (quimicamente, um sulfato de cálcio) é utilizada no caso de formações contendo esse tipo de sal (Benvindo, 2003).

A utilização de lubrificantes ajuda na diminuição do atrito provocado pelo contato do metal com a rocha resulta em desgaste e aquecimento da broca. O fluido proporciona o resfriamento e pode conter um insumo mineral com a função de lubrificante. Os minerais grafites e bentonita são adicionados ao fluido com essa finalidade.

Além de participarem da composição dos fluidos de perfuração, os minerais também são utilizados em outras fases da produção do petróleo, como na recuperação secundária e no craqueamento. Na recuperação secundária usa-se areia de quartzo e bauxita calcinada, com certo grau de arredondamento dos grãos, para fratura das formações a fim de aumentar a fluidez do óleo, da formação para o poço de petróleo. No craqueamento, costuma-se usar caulinita e zeólitas (naturais ou sintéticas) (Benvindo, 2003).

2.3 FILTROS DE CERÂMICA

As rochas reservatórios são, em sua maioria, compostas por aluminas-silicato. A fim de reproduzir as condições de transporte dessas rochas, muitos filtros cerâmicos empregados na indústria do petróleo são atualmente a base de sílica e

alumina. Os filtros cerâmicos são utilizados a partir de pressão capilar. Esses filtros são seletivos, onde em uma mistura água-óleo, somente água é permeável. O óleo, nos poços, é armazenado nos pequenos poros da rocha (reservatório $d < 100\mu\text{m}$) onde coexiste com água e provavelmente uma fase gasosa. São as forças capilares que seguram o óleo nesses pequenos poros. Essa força depende, entre outros fatores, do tamanho dos poros e da molhabilidade. A pressão capilar e as funções de permeabilidade são cruciais para descrever quantitativamente a vazão e o transporte dos fluidos que estão na sub superfície (Oliveira; Queiroz; Moreira, 2010).

Microesferas de vidro oca são usadas para revestimentos de tubulações que transportam petróleo em operações off shore (exploração de altas profundidades). O revestimento com a utilização da microesfera proporciona isolamento térmico aliado a baixas densidades. Esses fatores são essenciais na exploração de petróleo em águas profundas.

Microesferas cerâmicas também são utilizadas para filtração do biodiesel. O biodiesel contém diversos contaminantes que precisam ser removidos, através do processo de filtração, a fim de que o produto final esteja dentro da especificação requerida pelas empresas de distribuição. A microesfera cerâmica pode ser inserida no processo de filtração com o objetivo de formar uma pré-capa retentora de contaminantes (Oliveira; Queiroz; Moreira, 2010).

2.4 SENsoRES DE FIBRA ÓTICA

A necessidade da utilização de dutos é crescente no setor petrolífero, assim como a monitoração dos mesmos. Uma forma de se evitarem vazamentos, que podem ocasionar grandes danos ao meio ambiente, é monitorar as deformações. Caso a falha não possa ser evitada por meio de procedimentos operacionais, a monitoração de deformações permite identificar o momento inicial e o local do vazamento, possibilitando uma rápida ação de equipes de despoluição. Também é importante a monitoração dos efeitos de encostas e da movimentação do solo. O mesmo pode-se dizer a respeito de dutos submarinos de produção e de transferência, submetidos a carregamentos dinâmicos complexos, que combinam

pressão interna, externa, torção, esforços axiais e o mais comum destes, o carregamento a flexão. Para este tipo de aplicação, sensores de fibra óptica apresentam uma série de atrativos. Multiplexação, operação remota e distribuição de sensores por longas distâncias são características que favorecem sua utilização em sistemas de monitoração de deformação. As técnicas de monitoração de deformação em dutos empregando sensores a fibra óptica com base em redes de Bragg. Redes de Bragg funcionam como um espelho altamente seletivo, de comprimentos de onda que satisfaçam a condição de Bragg.

Os sensores distribuídos têm como principal vantagem o fato de a própria fibra ser o elemento sensor, sem qualquer necessidade de processamento ou preparação da fibra. Estes sensores são baseados em um efeito não linear chamado de espalhamento Brillouin estimulado, que é a interação causada pelo acoplamento entre ondas ópticas e acústicas quando a condição de ressonância é preenchida. Condição esta que é diretamente dependente da deformação e da temperatura; logo, determinando a freqüência de ressonância produz-se diretamente a medida de temperatura e/ou deformação. A freqüência de ressonância é uma propriedade intrínseca do material, o que pode ser observado em qualquer fibra de sílica.

2.5 CABOS UMBILICIAIS: FIBRA ÓTICA

As plataformas oceânicas de extração de petróleo (Off shore) constituem de estruturas fixas ou móveis, pavimentadas com concreto, flutuantes com ancoragem ou braços tensores. Todas, entretanto, possuem em comum o fato de utilizarem cabos umbilicais, também conhecidos como IPU (do inglês: 'Integrated Production Umbilical').

Os cabos umbilicais são utilizados para conectar a plataforma às bombas submersas de extração de petróleo, com comprimento na ordem de quilômetros submerso nas águas oceânicas, submetido à constante pressão e esforços mecânicos intensos. A Figura 3 apresenta um exemplo de instalação de cabo umbilical em uma plataforma off shore de extração de petróleo.

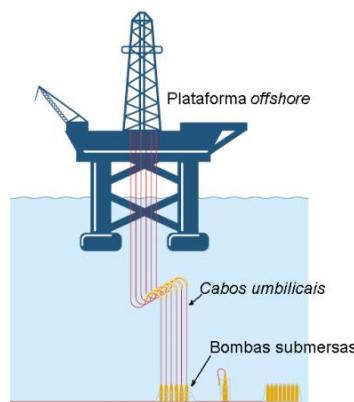


Figura 3 – Ilustração de plataforma offshore (NSW, 2010).

O principal componente desse cabo é a fibra óptica, responsável pela transferência de dados. Normalmente o cabo é multifuncional e além da fibra óptica, responsável pela transferência de dados, agrupa outros elementos com funções características como, por exemplo, sistemas para o transporte de alguns fluidos e eletricidade (fios condutores de cobre ou alumínio). As fibras de carbono são utilizadas como elemento de reforço nos cabos umbilicais. Algumas pesquisas estão em andamento em busca de condutores com maior condutividade elaborados com nanotubos de carbono (Inovação Tecnológica, 2009).

A Figura 4 abaixo apresenta a foto de um cabo umbilical sendo enrolado em uma bobina. Nesta, é possível observar a relação entre o tamanho do cabo e a da bobina com os trabalhadores.



Figura 4 – Operários enrolando cabo umbilical (ABB, 2009).

Segundo a OnePetro (2011), em 1998 iniciaram-se as criações de ferramentas para o desenvolvimento dos cabos umbilicais e, desde então, inúmeras aplicações tem sido realizadas.

2.6 ESPUMAS CERÂMICAS

As espumas cerâmicas são estruturas porosas com alta resistência mecânica, baixo peso específico, baixa condutividade térmica, elevada área específica, alta refratariiedade, ampla faixa de permeabilidade, resistência ao desgaste, resistência à altas temperaturas e boa estabilidade química. São muito empregadas como filtros e como suporte para catalisadores, com aplicação em diversas áreas ligadas à cadeia do conhecimento do petróleo (Barbosa et al., 2010).

A técnica mais comum de produção de espuma cerâmica é o método da réplica, que envolve o recobrimento de uma esponja polimérica de células abertas com uma suspensão cerâmica. A composição química da suspensão depende da aplicação do produto final. Após as etapas de calcinação para eliminação do polímero e da sinterização, tem-se uma réplica da esponja em cerâmica (Barbosa et al., 2010).

A espuma cerâmica normalmente é constituída por uma pequena porção de cerâmica muito porosa e uma grande porção de gás, chegando a um gral de porosidade de 75 a 90%, tornando-a adequada a grandes variedades de aplicações. A sua fabricação normalmente envolve a impregnação de outra estrutura de espuma com a pasta cerâmica, onde em altas temperaturas dentro de um forno, há o endurecimento e a destruição da estrutura base que esse material foi construído. Na figura 5 podem ser observadas as espumas cerâmicas (Branco, 2011).

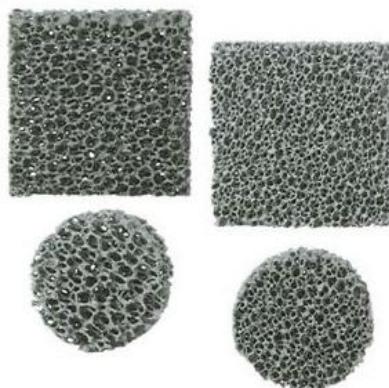


Figura 5: Espumas cerâmicas.

Por ter características específicas como baixa condutividade térmica e alta porosidade, ela é capaz de resistir relativos choques térmicos, sendo um material leve, ideal para aplicações industriais onde o excesso de peso deve ser evitado. Além de apresentar-se um material isolante térmico, a espuma cerâmica também é utilizada como filtro e pode ser usado no refino de outros materiais. Esse material é de grande importância na indústria do petróleo, pois se apresenta leve e de grande utilidade na separação de metais pesados encontrados no refino (Branco, 2011).

2.7 APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS: INDÚSTRIAS PETROLÉO-CERÂMICA

Cabe destaque a utilização de resíduos da indústria petrolífera na confecção de cerâmicas. O Manual de Conservação de Energia na Indústria Cerâmica Vermelha nos dá um exemplo de uso, em que pequenas quantidades de materiais (turfa, finos de carvão, resíduo de coque de petróleo, etc.) quando misturados à massa cerâmica podem trazer economias da ordem de 40% do consumo de energia durante a fase da queima. Este resultado provém da economia de energia quando estes materiais queimam no interior da peça cerâmica e também pela substituição parcial em termos de energia, já que o sucesso do emprego desse processo é função do tipo de argila utilizada e do percentual de mistura utilizado (INT, 1993).

As misturas de cerâmicas com resíduos petrolíferos permitem um menos tempo de queima nos fornos, maior velocidade de fabricação (extrusora) e melhoria na qualidade dos produtos. A melhoria na qualidade se dá pelo aumento na

resistência mecânica dos novos produtos, menor quantidade de peças defeituosas, menor índice de quebras e maior uniformidade na cor (INT, 1993).

Como exemplo, pesquisas sobre a incorporação de resíduos oleosos na fabricação de materiais cerâmicos no Brasil em parceria com a PETROBRAS e a ACERVIR (Associação das Cerâmicas Vermelhas de Itu e Região). Os pesquisadores adicionaram de 2-5% em peso de resíduo oleoso na massa argilosa, visando melhorar a trabalhabilidade da argila, aumentando assim a velocidade de extrusão. Além disso, concluíram que os blocos produzidos são considerados inertes, ou seja, não oferecem riscos ao meio ambiente e à saúde humana (Amaral; Domingues, 1990).

Silva avaliou a incorporação de resíduos de borra oleosa em argilomineral, utilizando corpos de prova com 10%, 15%, 20% e 30%. O autor concluiu que a aplicação de borra encapsulada de petróleo provoca alterações na composição química do material cerâmico e aumenta sua porosidade (Silva, 2000).

Santos, Souza e Holanda trabalharam com incorporação de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de borra encapsulada à argila e relataram que as características dos materiais são alteradas em decorrência do aumento do teor de quartzo, diminuindo a plasticidade das massas. Os resultados mostram que a borra apresenta potencial para ser utilizada como constituinte de massa argilosa para a fabricação de produtos de cerâmica estrutural (Santos, Souza; Holanda, 2002).

Amaral relata que o setor produtor de petróleo, apesar de trabalhar com matérias-primas e produtos de origem não-renovável em curto prazo, poderia ter práticas e ações voltadas para o desenvolvimento sustentável, como a melhor utilização de recursos naturais, a eficiência energética e uma melhor gestão de resíduos industriais. (Amaral, 2002). Essas iniciativas são evidenciadas nos dias de hoje, as empresas estão investindo mais em pesquisas com intuito sustentável.

CONCLUSÃO

Após a Revolução Industrial em meados do século XVIII, o mundo se transformou de uma forma jamais vista na história da humanidade. Todas as áreas de processamento sofreram uma evolução sem precedentes. Seja ela qual for, ainda hoje, as indústrias colhem frutos dos avanços da época. Vários materiais fazem

parte dessa história de revolução, materiais esses que são a cada dia, aprimorados para satisfazer nossas necessidades e nossas exigências, entre eles estão os materiais cerâmicos, que são utilizados em uma gama de setores.

Apesar de a cerâmica ser utilizada desde a pré-história pelo homem, ela ainda hoje é de fundamental importância para a sociedade, pois é predominantemente utilizada na construção civil devido a sua grande resistência mecânica a compressão, vale ressaltar também sua propriedade de ser um material refratário, ou seja, mantém suas propriedades praticamente constantes mesmo quando submetida à elevadas temperaturas, e o fato de ter um papel ambiental importante. Contudo os materiais cerâmicos não estão restritos somente a isso, sendo utilizados em uma gama enorme de variações, principalmente as que estão ligadas as questões de baixa condutividade térmica e elétricas. Os materiais cerâmicos são materiais em que vale a pena pensar. Por um lado, os cerâmicos tradicionais atingiram um elevado estado de amadurecimento, prevendo-se que o futuro lhes reserve aplicações com designs cada vez mais arrojados e sistemas de distribuição do produto mais rentáveis. Por outro lado, os cerâmicos técnicos estão sendo aplicados em situações cada vez mais exigentes, graças aos avanços tecnológicos que têm permitido a obtenção de propriedades mecânicas superiores.

Na indústria de petróleo, as cerâmicas contribuem para o melhoramento industrial dessa área. Observa-se que eles são utilizados como auxiliadores na prospecção e exploração (fibras óticas), extração (cimentação de poços de petróleo, fluidos de perfuração), restauração de poços de petróleo, recuperação de óleo nos poços de petróleo, e no refino (filtro de cerâmica, acabamento de máquinas, etc.). Assim torna-se inegável a grande importância das cerâmicas no mundo moderno.

REFERÊNCIAS

ABB. Submarine power cables.State-of-the-art production facility, more than 100 years of experience and reference installations around the world. Disponível em: www.abb.com/cables. Acesso em: 13 out. 2011.

Amaral, S. P. Indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. *Revista Meio Ambiente Industrial*, p. 104-113, v. 7, n. 39 (2002).

Amaral, S. P.; Domingues, G. H. Aplicação de resíduos oleosos na fabricação de materiais cerâmicos. Congresso Brasileiro de Petróleo. São Paulo:IBP, p.1-13 (1990).

Aquino I. S. Cimentação. Treinamento para a Indústria de Óleo e Gás. Parte V. Pós-graduação em Petróleo e Gás. Universidade Estácio e Sá – Rio de Janeiro, (2010). www.ebah.com.br/content/ABAAATQQAB/cimentacao-pocos-petroleo. Acesso em 07/10/2011.

Barbosa, L. B.; Jesus, L. M.; Matos, S. J.; Macedo, Z. S. Produção de espuma cerâmica com baixo impacto ambiental para aplicação em petróleo. *Scientia Plena*. v. 6, n. 12, p. 1-5 (2010).

Benvindo, A. L., Adolpho, C. M. B. A função dos minerais industriais componentes da lama de perfuração de poços. Comunicação Técnica elaborada para o CETEM. Em: *Insumos Minerais para Perfuração de Poços de Petróleo*, cap. 1, p. 12-19 (2003).

Branco R. Espuma cerâmica é eficaz em métodos de filtragem. Publicado em 04/08/2011 em: www.manutencaoesuprimentos.com.br. Acesso em: 13/10/2011

Brito, F. V. Processamento de cerâmicas porosas à base de sílica visando aplicações na indústria do petróleo. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE (UFRJ), Rio de Janeiro (2005).

Castelli, A. V. Well Drilling Materials .In: *Industrial Mineral and Rocks - 6th Edition* , p. 1113-1118, Editor Donald C. Carr. (1994).

Folha de São Paulo. Petrobras completa 50 anos e tenta se equilibrar entre o público e o privado. Publicado em: 03/10/2003. Acesso em: 15/10/2011. <http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2003/petrobras50anos/fj0310200301.shtml>

Gray, G. R., Darley, H. C. H. *Composition and Property of Oil Well Driling Fluids*, 4ºEdição, 630p, Gulf Publishing Company, Book Division (1981).

Instituto Nacional de Tecnologia – INT. Manual de conservação de energia na indústria de cerâmica vermelha, p. 40. Rio de Janeiro: INT (1993).

International Energy Agency (IEA), Key world energy statistics. www.iea.org/about/corporight.asp. 2009. Acesso em: 13/10/2011.

NSW a general cable company. Submarine Power Cables . Norddeutsche Seeka belwerke GmbH, Alemanha. Disponível em: www.nsw.com. Acesso em: 13 out. 2011.

Oliveira, G. R., Queiroz, L. K. Moreira, P. C. Cerâmica, polímeros e suas utilizações na indústria do petróleo. Universidade Federal do Espírito Santo – Campus São Mateus Centro, Engenharia do Petróleo (2010).

ONE PETRO. Disponível em: <<http://www.onepetro.org/about.htm>>. Acesso em: 13 out. 2011.

Rosário, F.F. Precipitação e Mobilização de Partículas Finas de Sulfeto de Ferro a sua Influência na Permeabilidade de Meios Porosos. Tese de mestrado - COPPE (UFRJ), Rio de Janeiro. (1991).

Santos, R. S.; Souza, G. P.; Holanda, J. N. F. Caracterização de massas argilosas contendo resíduo proveniente do setor petrolífero e a sua utilização em cerâmica estrutural. Revista Cerâmica. p. 115-120, v. 48, n. 307 (2002).

Shackelford, J. F. Introdução à ciência dos materiais para engenheiros / James F. Shackelford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Nilson C. Cruz – São Paulo: Pearson Prentice Hall (2008).

Silva, F. A. N. Caracterização microestrutural e avaliação ambiental de cerâmicas argilosas com incorporação do resíduo de borra de petróleo encapsulada. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF 2000. Tese de mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais (2002).

AUTORES

Eduarda Pereira de Oliveira, UEMG, Unidade Passos, R. Colorado, 658-682 - Parque Res. Eldorado, Passos - MG, 37902-114. eduardapereira13@gmail.com

Amanda Stéphane Rodrigues Messias, Unidade Passos, R. Colorado, 658-682 - Parque Res. Eldorado, Passos - MG, 37902-114. amamdas40@gmail.com

Mykaelem Saybrett Fayara Eugênio, Unidade Passos, R. Colorado, 658-682 - Parque Res. Eldorado, Passos - MG, 37902-114. mikaelem.mika@gmail.com

Franciane Diniz Cogo, UEMG, Unidade Passos, R. Colorado, 658-682 - Parque Res. Eldorado, Passos - MG, 37902-114. francianecogo@gmail.com

Lucíola Lucena de Sousa, UEMG, Unidade Passos, R. Colorado, 658-682 - Parque Res. Eldorado, Passos - MG, 37902-114. luciolalucena@yahoo.com.br