

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS

ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO LIMA BROLESI

N. CLASS.	M620.106
CUTTER	B867z
ANO/EDIÇÃO	2012.

FLUIDOS HIDRÁULICOS: classificação e desempenho dos fluidos na indústria

Varginha

2012

FEPESMIG

BRUNO LIMA BROLESI

FLUIDOS HIDRÁULICOS: classificação e desempenho dos fluidos na indústria

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob Orientação do Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes.

Varginha
2012

FEPESMIG

BRUNO LIMA BROLESI

FLUIDOS HIDRÁULICOS: Classificação e desempenho dos fluidos na indústria

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: ___/___/___

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes



Prof. Ms. Luis Carlos Vieira Guedes

Prof. Ms. João Mario Mendes de Freitas

FEPESMIG

Dedico este trabalho aos Professores e colegas
que contribuíram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, meus colegas, professores por terem apoiado em todos os momentos na construção deste trabalho.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Fluido hidráulico, também chamado de óleo hidráulico, é um grande grupo de fluidos usados como o meio de transmissão de energia em maquinário hidráulico, sendo qualquer equipamento ou dispositivos que possuam um sistema hidráulico de transmissão de energia e força. Os fluidos hidráulicos incluem compostos sintéticos, óleo mineral, água e misturas baseadas em soluções e emulsões aquosas, sendo que independentemente de sua composição e propriedades em diversas temperaturas. Os contaminantes são influências não desejadas que podem destruir a integridade dos fluidos dos sistemas hidráulicos. A menos que estes contaminantes forem controlados, o controle dos contaminantes nos fluidos lubrificantes tem como finalidade que o equipamento alcance sua vida útil de serviço prevista. Para se obter resultados satisfatórios são necessários uma manutenção preventiva dos fluidos e também dos filtros.

Palavras- chave: Fluidos hidráulicos. Contaminantes. Fluidos Contaminantes

ABSTRACT

Hydraulic fluid, also known as hydraulic oil, are a large group of fluids used as the means of power transmission in hydraulic machinery, with any equipment or devices having a hydraulic power transmission and strength. Hydraulic fluids include synthetic, mineral oil, and mixtures based on water solutions and aqueous emulsions, and regardless of its composition and properties at different temperatures. The contaminants are unwanted influences that can destroy the integrity of the hydraulic fluid. Unless these contaminants are controlled, the control of contaminants in lubricating fluids is intended that the equipment reaches its expected service life. Even if satisfactory results are needed preventative maintenance fluids and also the filters.

Keywords: *Hydraulic fluids. Contaminants. Fluids of lubrication.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluidos.....	12
Figura 2: Exemplo de fluido derivado de petróleo.....	14
Figura 3: Classificação ISO.....	15
Figura 4: Classes de Viscosidades.....	15
Figura 5: Contaminantes.....	17
Figura 6: causas de falhas.....	18
Figura 7: Meios filtrantes de profundidade.....	19
Figura 8: Comparação geral do meio filtrante.....	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DESEMPENHO DOS FLUIDOS HIDRÁULICOS NA APLICAÇÃO INDÚSTRIA.....	13
3 TIPOS DE FLUIDOS HIDRÁULICOS.....	15
3.1 Óleos minerais tratados.....	16
3.2 Óleos sintéticos	16
3.3 Óleos hidráulicos vegetais	15
3.4 O fluidos hidráulicos à base de água e glicol sintético	15
3.5 Óleo ésteres de fosfato.....	16
3.6 Óleo mineral de base parafínico	16
3.7 Óleo mineral de base misto	16
4 VISCOSIDADE.....	17
5 CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS.....	18
5.1 Verificação de contaminação	18
6 FILTROS.....	21
7 METODOLOGIA.....	23
8 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve sobre fluidos hidráulicos, igualmente chamados de óleo hidráulico, que são um enorme grupo de fluidos utilizados como meio para transmissão de energia em equipamentos e maquinário hidráulico, sendo necessário controle de contaminação quaisquer dispositivos que se tem um sistema hidráulico de transmissão de energia e força. Os fluidos hidráulicos pode ser compostos sintéticos, óleo mineral, água e misturas baseadas em soluções e emulsões aquosas, sendo que independentemente de sua composição e propriedades em diversas temperaturas, sua característica mais importante é a baixa compressibilidade. Os óleos hidráulicos na indústria têm a necessidade de mobilizar equipamentos ou ferramentas utilizadas nas linhas de processos. Em geral são sistemas centralizados ou individuais que movem ou transportam produtos na fábrica.

Os equipamentos que possuem sistemas hidráulicos são diversas vezes usados em capacidade máxima de peso ou carga, onde podem ocasionar desgastes no equipamento. A função do fluido hidráulico é a transmissão de força e a lubrificação das peças internas do sistema como, por exemplo, bombas de engrenagens ou cilindros. A maior parte dos óleos hidráulicos é produzida com óleos minerais devido ao baixo preço. Para atender as exigências, estes produtos tem de ser melhorados com uma variedade de aditivos, tais como: inibidores de corrosão, antioxidantes, detergentes, antiespumantes, emulgadores, abaixador do ponto de congelamento dentre outros. Outro fator importante é o óleo hidráulico não atacar nas vedações do sistema hidráulico.

A lubrificação serve para suavizar o movimento de uma superfície sobre a outra, evitando o desgaste das mesmas. Os lubrificantes têm como suas principais funções: diminuir o atrito entre superfícies, evitar e/ou controlar corrosão e desgaste, proteção como isolante térmico (refrigeração) e elétrico transmitir força (sistema hidráulico) e atuar como vedação e amortecimento de elementos de máquina.

A lubrificação industrial compreende em: planos de lubrificação e gestão dos recursos mão de obra, lubrificantes, ferramentas de aplicação, entre outros, e deve ser fundamentada em uma gestão adequada e eficaz, ou seja, é a perfeita gestão da lubrificação e seus recursos. Que propicia a disponibilidade, o aumento de produtividade e aumento de vida útil do maquinário e não somente a aplicação de lubrificantes em si.

Manutenções preventivas são acionadas por tempo, ou seja, as tarefas de manutenção se baseiam em tempo gasto ou horas operacional. Os programas mais abrangentes de

manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçionamentos de máquinas.

2 DESEMPENHO DOS FLUIDOS HIDRÁULICOS NA APLICAÇÃO INDÚSTRIA

Este trabalho apresenta a vida útil que é de normas do fabricante, alertando para uma boa manutenção preventiva nos sistemas hidráulicos. Atualmente, os sistemas hidráulicos devem ser capazes de alcançar o máximo desempenho ao funcionar com pressões e temperaturas elevadas e em condições difíceis. Por esse motivo, compensa usar um fluido hidráulico de alta qualidade, analisar regularmente amostras do fluido e realizar a manutenção preventiva programada.

O fluido hidráulico tem quatro objetivos principais: transmissão da potência, lubrificação das partes móveis, redução dos vazamentos internos, resfriamento ou dissipação de calor. Na maioria dos elementos hidráulicos, a lubrificação interna é proporcionada pelo fluido. Os elementos dos equipamentos e outras peças de desgaste deslizam uns contra os outros sobre uma película de óleo. Para prolongar a vida útil dos componentes, o óleo deve conter aditivos para suas diversas aplicações

A viscosidade é a medida da resistência do fluido a circulação dele mesmo. Se um fluido circula com facilidade, sua viscosidade é baixa, também se pode dizer que é fluido fino, que tem pouca consistência ou pouco corpo. Um fluido que circula com dificuldade tem viscosidade alta, é grosso e tem muita consistência. (Valerio, 2003).

Define fluido como “qualquer substância capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que contém. Por exemplo: água, óleo, ar, oxigênio, hélio, ferro em processo de fusão e assim por diante”.

Aplicações do Óleo Hidráulico especialmente recomendado para circuitos hidráulicos exigentes onde se requerem fluidos hidráulicos do tipo anti desgaste e especiais características "antitermo-oxidantes" (NEGRI, 2001).

De acordo com Casteletti (2002) especificamente adequado em aplicações de circuitos equipados com servo válvulas, circuitos robotizados, controlo numérico.

Devido ao elevado índice de viscosidade e alta estabilidade ao corte, é recomendado para sistemas hidráulicos submetidos a amplas variações de temperatura.

Dado o seu caráter universal, é apropriado para sistemas hidrostáticos que operam em condições de elevada pressão e temperatura.

3 TIPOS DE FLUIDOS HIDRÁULICOS

3.1 Óleos minerais tratados

Segundo Agostini (2008) são óleos minerais fabricados através de um processo especial de hidro-craqueamento. A diferença destes óleos perante óleos minerais convencionais é a alta resistência à oxidação e a envelhecimento. Eles são livres de hidrocarbonetos não saturados. Sendo assim, eles não absorvem o oxigênio do ar.

3.2 Óleos sintéticos

Segundo Agostini (2008) são óleos a base de Polialfaoleofina (PAO). Estes óleos não tóxicos podem ser usados em sistemas hidráulicos que solicitam baixa fluidez e alto ponto de fulgor. A vida útil longa destes lubrificantes reduzem o consumo e o custo de manutenção. Estes óleos sintéticos tem cada vez mais importância na indústria alimentícia e farmacêutica.

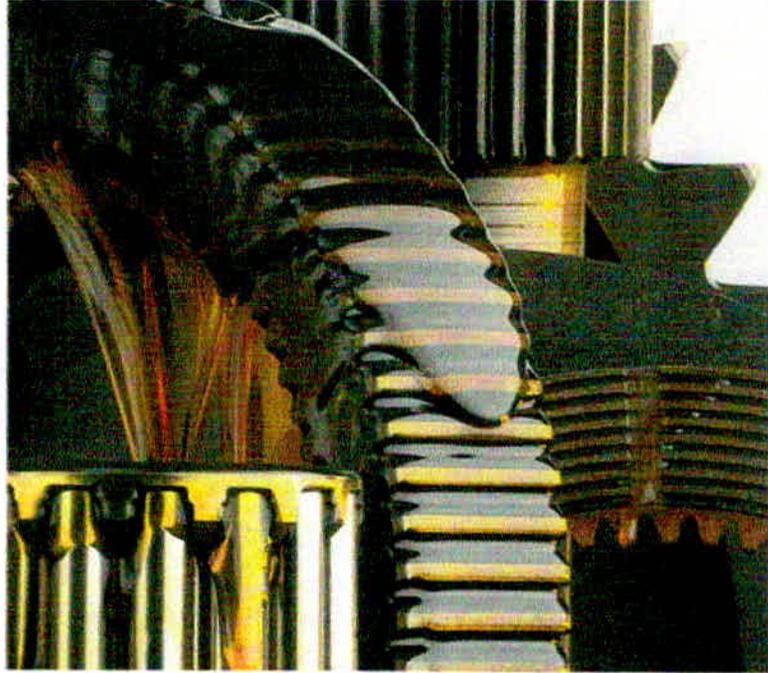
3.3 Óleos hidráulicos vegetais:

De acordo com Agostini (2008) são produzidos principalmente a partir de óleo de canola. Sua estrutura química é semelhante à estrutura dos ésteres de poliol. Os fluidos vegetais hidráulicos possuem propriedades de lubrificação muito satisfatórias e alto índice de viscosidade (sensibilidade baixa à temperatura de viscosidade). Esse tipo de fluido de lubrificação apresenta toxicidade e é biodegradável. A principal desvantagem dos óleos vegetais hidráulicos é sua resistência à oxidação relativamente baixa.

3.4 O fluidos hidráulicos à base de água e glicol sintético

Segundo Agostini (2008) contêm de 35% a 60% de água em forma de solução (não emulsão), além de aditivos (antiespuma, anticongelante, inibidores de corrosão e ferrugem, antidesgaste, etc.). Esses produtos possuem excelente resistência ao fogo, não são tóxicos, mas são biodegradáveis. Entretanto, sua escala de temperatura é relativamente baixa: de 0 ° C a 49 ° C. A evaporação da água causa a deterioração das propriedades dos fluidos hidráulicos.

Figura 1: Aspectos Históricos dos fluidos hidráulicos



Fonte: FLUIDOS..., 2012.

Hidráulica é uma palavra que vem do grego e é a união de hydra água, e aulos condução/aula/tubo é, portanto, uma parte da física que se dedica a estudar o comportamento dos fluidos em movimento e em repouso. É responsável pelo conhecimento das leis que regem o transporte, a conversão de energia, a regulação e o controle do fluido agindo sobre suas variáveis (pressão, vazão, temperatura, viscosidade) (RIOS, 1974).

3.5 Óleo ésteres de fosfato:

Segundo Agostini (2008) são produzidos pela reação do ácido fosfórico com alcoóis aromáticos. Os fluidos hidráulicos de ésteres de fosfato possuem excelente resistência ao fogo, porém eles não são compatíveis com as tintas, adesivos, alguns polímeros e materiais selantes. Esses tipos de lubrificantes industriais também são bastante tóxicos.

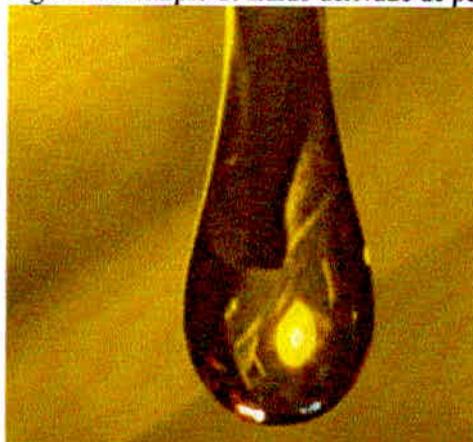
3.6 Óleo mineral de base parafínico

Segundo Agostini (2008) o nome "Parafina" de origem Latim, indica, que estas ligas químicas são relativamente estáveis e resistentes e não podem ser modificadas facilmente com influências químicas. Sendo assim as parafinas tendem a não oxidar em temperaturas ambientes ou levemente elevadas. Nos lubrificantes eles são partes resistentes e preciosos, que não "envelhecem" ou somente oxidam de forma lenta. Contém em sua composição química hidrocarbonetos de parafina em maior proporção, demonstra uma densidade menor e é menos sensível a alteração de viscosidade/temperatura. A grande desvantagem é seu comportamento em temperaturas baixas: as parafinas tendem a sedimentar-se. A fórmula química da parafina é $C_{16}H_{34}$ e possui formato de uma cadeia de hidrocarbonetos.

3.7 Óleo mineral de base misto

Segundo Agostini (2008) para atender as características de lubrificantes conforme necessidade e campo de aplicação a maioria dos óleos minerais é misturada com base naftênico ou parafínico em quantidades variados.

Figura 2: Exemplo de fluido derivado de petróleo.



Fonte: (BRANCO FILHO, 2005. p.97).

4 VISCOSIDADE

Segundo Agostini (2008) Viscosidade expressa a resistência que o óleo apresenta ao fluir. É, em princípio, a propriedade física mais importante. É a principal responsável por garantir a correta lubrificação, ou seja, produzir a ideal redução no atrito. Sua medição é obtida através de ensaios com instrumentos denominados por “Viscosímetro”.

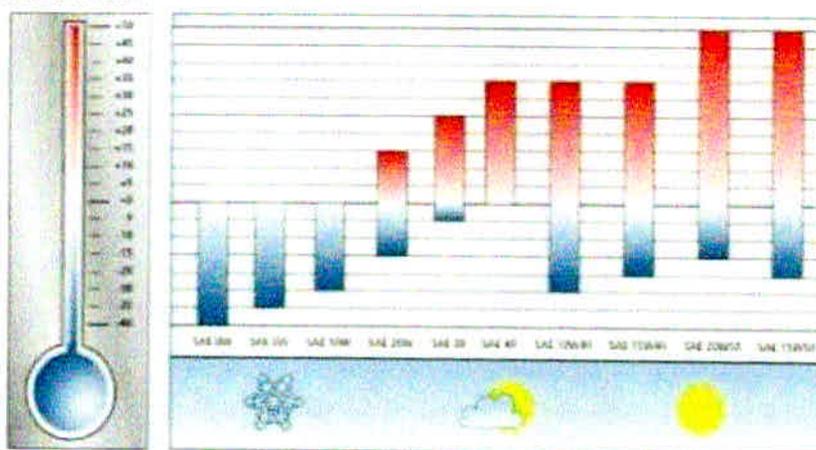
Segundo Zmozinski, (2010) A Viscosidade baseada na teoria de Issac Newton é a resistência interna oferecida pelas moléculas de uma camada, quando esta é deslocada em relação a outra (resultado de um atrito interno do próprio lubrificante).

Figura 3 e 4: Classificação ISO e Classes de Viscosidades.

Classificação ISO de Viscosidade:

Grau de Viscosidade ISO	Viscosidade Mediana cSt a 40° C	Viscosidade Mínima (cSt a 40° C)	Viscosidade Máxima (cSt a 40° C)
ISO-VG-2	2,2	1,98	2,42
ISO-VG-3	3,2	2,88	3,52
ISO-VG-5	4,6	4,14	5,06
ISO-VG-7	6,8	6,12	7,48
ISO-VG-10	10	9,00	11,0
ISO-VG-15	15	13,5	16,5
ISO-VG-22	22	19,8	24,2
ISO-VG-32	32	28,8	35,2
ISO-VG-46	46	41,4	50,6
ISO-VG-68	68	61,2	74,8
ISO-VG-100	100	90,0	110
ISO-VG-150	150	135	165
ISO-VG-220	220	198	242
ISO-VG-320	320	288	352
ISO-VG-460	460	414	506
ISO-VG-680	680	612	748
ISO-VG-1000	1000	900	1100
ISO-VG-1500	1500	1350	1650

Classes de Viscosidades SAE



Fonte: (Zmozinski, 2010 pag. 34)

5 CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS

De acordo com Silva (1992), a experiência de projetistas e usuários de sistemas de óleos hidráulicos e lubrificantes tem demonstrado o seguinte fato: mais de 75% das falhas de sistemas são resultantes diretas da contaminação.

5.1 Verificação de contaminação

Sempre que se suspeitar que um sistema hidráulico tenha sido contaminado, ou o sistema tenha sido operado em temperaturas além do máximo especificado, uma verificação deve ser feita (FLUIDOS hidráulicos, 2012, p.36).

Os filtros são projetados para remover partículas indesejadas, visíveis a olho nú. O fluido hidráulico que parece limpo a olho nú pode estar contaminado ao ponto de estar inadequado para o uso. Uma inspeção a olho nu do fluido hidráulico não determina a quantidade total de contaminação no sistema. Grandes partículas de impureza no sistema hidráulico são indicações de que um ou mais componentes estão sujeitos a desgaste excessivo. O isolamento do componente defeituoso requer um processo sistemático de eliminação.

O fluido ao retornar ao reservatório pode conter impurezas de qualquer parte do sistema hidráulico. Para determinar qual o componente que está defeituoso, amostras do fluido devem ser tomadas do reservatório e de outros locais do sistema.

As amostras devem ser tomadas de acordo com as instruções aplicáveis do fabricante para um sistema hidráulico particular. Alguns sistemas hidráulicos são equipados com válvulas de sangria permanentemente instaladas para serem tomadas amostras do fluido, enquanto que, em outros sistemas, as linhas são desconectadas para que se obtenha um local para tomada da amostra. Em qualquer caso, enquanto o fluido está sendo tomado, uma pequena quantidade de pressão deve ser aplicada ao sistema. Isso assegura que o fluido irá fluir para fora no ponto de amostragem, e então precaver que a sujeira penetre no sistema hidráulico. Alguns testes de contaminação têm uma seringa hipodérmica para coleta de amostras (MANUAL sistema hidráulico e pneumático, 2012, p. 52-60).

Vários procedimentos de teste são usados para determinar o nível de contaminação.

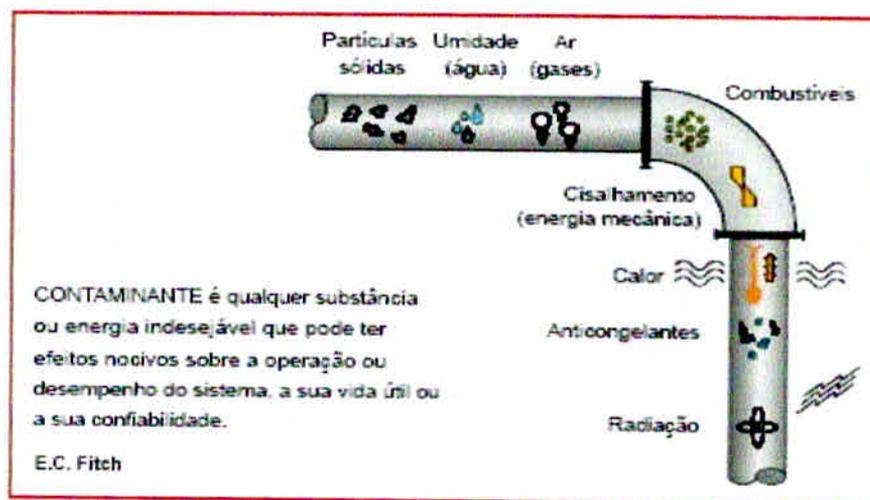
Os sistemas hidráulicos ganharam uso em larga escala e aplicabilidade no processo de fabricação industrial. Embora a tecnologia hidráulica seja antiga, continua a ser um sistema dominante no processo de fabricação industrial moderno. O sistema hidráulico pode ser adaptado para o uso tanto em pequenas indústrias quanto nos processos de fabricação mais

complexos. Parte de sua popularidade se deve ao fato de que nenhum outro sistema foi considerado tão eficiente e eficaz na transferência de energia através de pequenos tubos ou mangueiras, mesmo em áreas de difícil acesso. (KARDEC; NASCIF, 2007).

É evidente a necessidade de controlar as partículas existentes no meio ambiente como uma forma de reduzir os custos de manutenção e melhorar o desempenho dos equipamentos. O controle da contaminação, é o caminho a ser seguido para aumentar a confiabilidade das operações. Os métodos utilizados para esse fim se relacionam tanto ao número de partículas existentes nos óleos quanto à sua granulometria, e devem ser controladas e medidas através de contadores de partículas (aparelhos que contam e classificam em faixas granulométricas os contaminantes sólidos existentes no óleo).

Tais equipamentos oferecem múltiplas utilidades e benefícios, tais como: verificar o desempenho dos filtros e centrífugas, identificar falhas na manutenção de máquinas, identificar a necessidade de análise ferrográfica, verificar as condições das bombas, determinar o ponto ótimo de troca de filtros, verificar a limpeza do óleo armazenado, detectar alto desgaste corrosivo, identificar até mudanças nas condições atmosféricas, e outros mais (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

Figura 5: Contaminante



Fonte: (BRANCO FILHO, 2005. p.97).

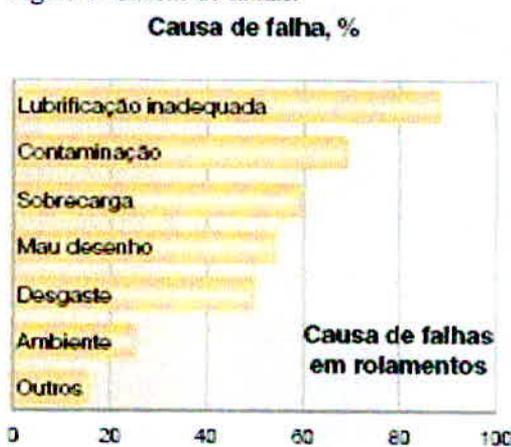
Segundo LANSDOWN (2004) foi verificado, alguns tipos de contaminantes como: sujeira, respingo de solda, partículas de borracha de mangueiras e vedações, areia de fundição e sedimentos de metal dos componentes usinados. Quando o fluido é inicialmente adicionado ao sistema, a contaminação é introduzida. Durante a operação a contaminação entra através das tampas de respiro, vedações gastas e outros sistemas de abertura, além da contaminação

interna que ocorre quando o desgaste do sedimento do metal e os produtos químicos reagem com as superfícies dos componentes para gerar mais contaminação.

Os fluidos estão constantemente expostos a água e vapor de água enquanto são manuseados e armazenados, é comum em armazenamento externos de tanques e barris.

A água pode adentrar num sistema através de cilindro desgastado, vedações do atuador ou através de aberturas dos reservatórios. A condensação é também uma fonte primária da água. Como os fluidos resfriam-se em um reservatório ou tanque, o vapor d'água condensará nas superfícies internas causando ferrugem ou outros problemas de corrosão.

Figura 6: Causas de falhas.



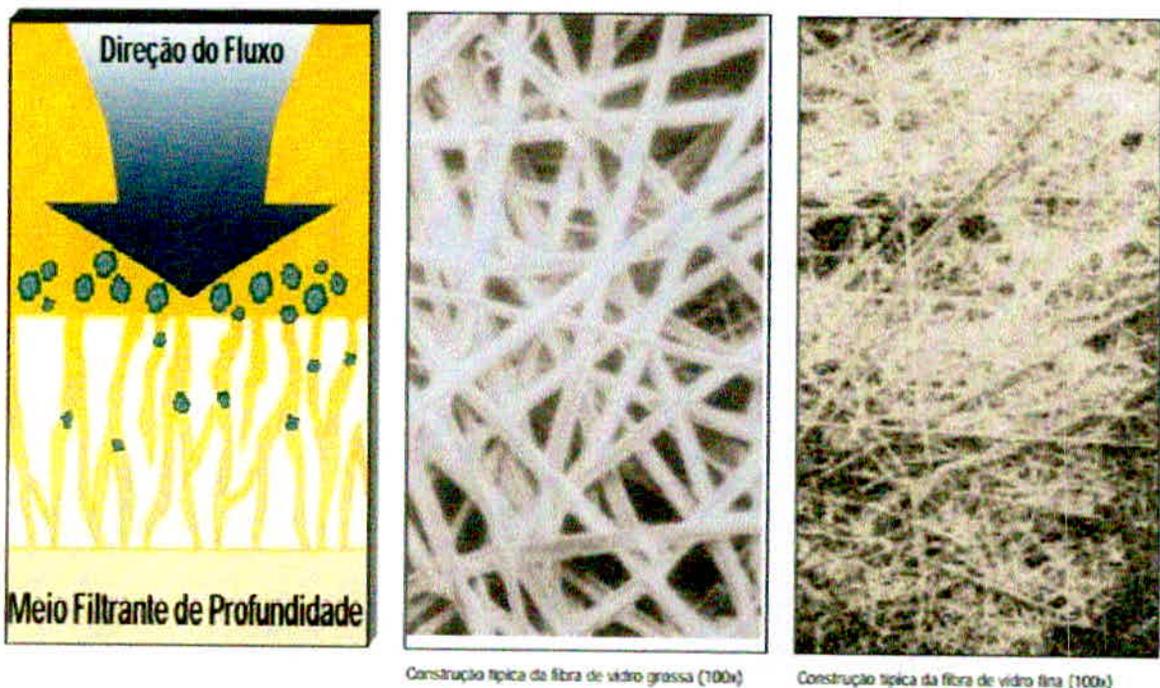
Fonte: (NEGRI, 2012.)

6 FILTROS

Espera-se que o fluido hidráulico crie uma lâmina lubrificante para manter as peças de precisão separadas. O ideal é uma lâmina fina o suficiente para preencher completamente a folga entre as peças. A função de um filtro não é limpar o óleo, mas reduzir custos operacionais.

Os tamanhos das partículas geralmente são medidos em uma escala micrométrica. Um micrômetro (ou “micron”) é uma milionésima parte de um metro ou 39 milionésimos de uma polegada. O limite da visibilidade humana é aproximadamente 40 microns. Tenha em mente que a maioria das partículas que causam danos aos sistemas de lubrificação ou hidráulicos são menores que 40 microns. Portanto, elas são microscópicas e não podem ser vistas a olho nu.

Figura 7: Meios filtrantes de profundidade e construção de fibra de vidro.



Fonte: (FLUIDOS hidráulicos, 2012, p.15)

Os meios filtrantes mais comuns são tela de aço, celulose, compostos da fibra de vidro ou outros materiais sintéticos. Os meios filtrantes são geralmente classificados de superfície ou profundidade (MANUAL de Filtragem hidráulica, 2012, p.47-50).

Figura 8: Comparação geral do meio filtrante.

Comparação Geral do Meio Filtrante					
Material do Meio Filtrante	Eficiência de Captura	Cap. de Retenção	Pressão Diferencial	Vida no Sistema	Custo Geral
Fibra de vidro	Alta	Alta	Moderada	Alta	Moderada para alta
Celulose (papel)	Moderada	Moderada	Alta	Moderada	Baixa
Tela	Baixa	Baixa	Baixa	Moderada	Moderada para alta

Fonte: (AGOSTINI, 2008, p. 37).

7 METODOLOGIA

Do ponto de vista da natureza dos procedimentos técnicos, este artigo apresenta como um referencial teórico, pois os conhecimentos gerados são de possível aplicação em um problema prático e relata a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação além de envolver o estudo detalhado do conhecimento de poucos objetos explorados em situações na vida real.

Pois é realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema, no qual os pesquisadores e participantes da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

8 CONCLUSAO

O fluido hidráulico é o meio de transmissão de energia em maquinário hidráulico, sendo qualquer equipamento ou dispositivos que possuam um sistema hidráulico de transmissão de energia e força.

Os fluidos hidráulicos incluem compostos sintéticos, óleo mineral, água e misturas baseadas em soluções e emulsões aquosas, sendo que independentemente de sua composição e propriedades em diversas temperaturas.

Através dos dados apresentados conclui-se que os fluidos hidráulicos necessitam de cuidados especiais para seu bom funcionamento, que uma manutenção bem planejada reduz gastos e aumenta a vida útil do equipamento, as vezes pelo simples fato de não verificar a qualidade do óleo lubrificante, o equipamento sofre um grande prejuízo com o mal funcionamento e ate mesmo ocasionando desgastes excessivos.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, Nestor. **Sistemas hidráulicos industriais**. Rio do Sul, 2008. Disponível em: <http://www.institutocontinental.com.br/alunos/Sistemas_hidr%C3%A1ulicos.pdf>. Acesso em 8 ago. 2012.
- BELMIRO, P. N.; CARRETEIRO, R. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.
- BRANCO FILHO, Gil. **Planejamento e controle de manutenção**: curso de planejamento e controle de manutenção. 2005, ABRAMAN.
- FLUIDOS hidráulicos. 2012 Disponível em: http://www.institutocontinental.com.br/alunos/Sistemas_hidr%C3%A1ulicos.pdf. Acesso em: 20 out. 2012.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio**. Manutenção: Função Estratégica, Editora Qualitymark,
- LANSDOWN, A.R.** Lubrication and Lubricant Selection: A Practical Guide, 3ed., 2007
- MANG, T; DRESEL, W. Lubricants and Lubrication, 2004, 2ed.
- MANUAL de Filtragem hidráulica. Disponível em: http://www.parkerstoretaubate.com.br/catalogos/Filtros%20industriais/Filtragem_Hidraulicos/Manual%20Portugues.pdf. Acesso em: 01 Ago. 2012.
- MANUAL sistema hidráulico e pneumático. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAmrWAH/08-sistema-hidraulico-pneumatico>. Acesso em: 9 dez. 2012.
- MOBLEY, R. Keith. **Maintenance Fundamentals**, 2007, 2 nd Edition.
- NEGRI, Victor Juliano de. **Sistemas Hidráulicos e pneumáticos para automação e controle parte II**: sistema pneumáticos para automação. Santa Catarina, 2001. Disponível em: <<http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/SistHPContAutP2.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2012.
- RIOS, Jorge L. Paes. **Curso de Hidráulica Aplicada**. Petrópolis, RJ: Univ. Católica de Petrópolis, 1974.
- ZMOZINSKI, Ariane Vanessa. **Desenvolvimento de método para determinação de cálcio, magnésio e zinco em amostra de óleos lubrificantes por espectrometria de absorção atômica com chama**. Porto Alegre: 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25511/000752945.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 ago. 2012.
- CASTELETTI, Luís Francisco. **Apostila - Hidráulica e Pneumática**. Belo horizonte, 2002. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe_AEAK/apostila-hidraulica-pneumatica> Acesso em 10 dez. 2012.

Valerio, Claudio .**CURSO DE HIDRAULICA**. São Paulo: 2003 Disponível em:
<<http://www.maxhydro.com.br/noticias/208-claudio-valerio>> acesso em 10 dez. 201.