

## Controle de fluidos Cartilha de contaminação

As indicações contidas neste prospecto referem-se às condições de trabalho e casos de aplicações descritas.

Em casos de aplicações divergentes e/ou condições operacionais, pedimos entrar em contato com o respectivo departamento técnico. Reservamo-nos o direito de modificações técnicas sem prévio aviso.

### HYDAC FILTER SYSTEMS GMBH

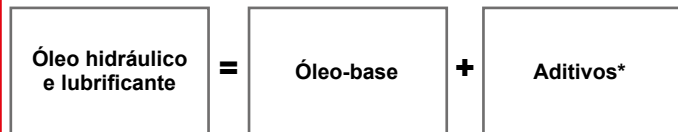
Industriegebiet  
D-66280 Sulzbach/Saar  
Telefone (06897) 509-01  
Telefax (06897) 509-9046  
E-Mail: [filtersystems@hydac.com](mailto:filtersystems@hydac.com)  
Internet: [www.hydac.com](http://www.hydac.com)

## Classificação de óleos-base conforme API 1509\*

	Grupo API*			
	I	II	III	IV
<b>Tipo de óleo</b>	Refinado	Óleo-base hidratado	Óleo sintético	PAO
<b>Parte de hidrocarbonetos saturados</b>	< 90 %	> 90 %	> 90 %	100 %
<b>Índice de viscosidade</b>	80-120	80-120	> 120	-
<b>Polaridade</b>	Alta polaridade	Menos polar	Quase não polar	Sem indicações
<b>Solubilidade de verniz</b>	Alta	Média	Fraca	Fraca
<b>Condutibilidade</b>	Boa	Ruim	Muito baixa	Baixa

\* American Petroleum Institute (API)

## Composição de óleos hidráulicos e lubrificantes



- \* Exemplos de aditivos**
- Agente de melhoria VI
  - Redutor do ponto de fluidez
  - Inibidor de oxidação
  - Inibidor de corrosão
  - Anti-desgaste
  - Anti-espuma

## Classificação de óleos hidráulicos segundo DIN

Fluido operacional	Código	Densidade a 15 °C (kg/m³)
Óleo mineral conf. DIN 51524 ou ISO 11158	H, HL, HLP, HV, HLPD	860
Difícilmente inflamável conf. DIN 5150 ou ISO 12922	HFA/HFB	1000
	HFC	1090
	HFDR, HFDS	1200
Rapidamente biodegradável conf. ISO 15380	HETG	930
	HEES	940
	HEPG	1100
	HEPR	890
Óleos lubrificantes conf. DIN 51517	CL, CLP, CG	860

## Óleos alimentares conf. NSF Internacional

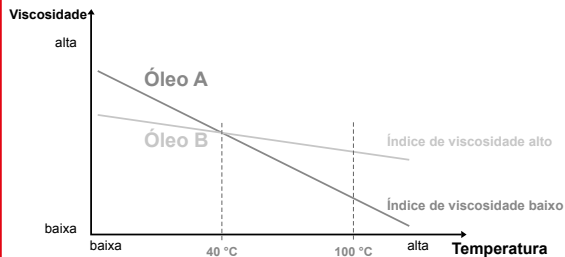
<b>Lubrificante H1</b>	„Lubrificantes de grau alimentício (FG)“ „Óleo alimentar“ Contato ocasional com alimentos, tecnicamente inevitável inofensivo
<b>Lubrificante H2</b>	Contato com alimentos não permitido. Aplicação somente fora do processo de produção fechado
<b>Lubrificante H3</b>	Óleos solúveis para limpeza ou proteção antiferrugem da máquina

## Viscosidade - Comparação ISO / SAE

ISO VG (DIN 51519)	Viscosidade ponto médio (40 °C) e viscosidades aprox. em mm <sup>2</sup> /s a				Classificação aproximada dos	
	0 °C	40 °C	50 °C	100 °C	Óleos de motor SAE	Óleos de transmissão automotivos SAE
5	8 (1,7 E)	4,6	4	1,5		
7	12 (2 E)	6,8	5	2,0		
10	21 (3 E)	10	8	2,5		
15	34	15	11	3,5	5 W	
22	55	22	15	4,5	10 W	70 W 75 W
32	88	32	21	5,5		
46	137	46	30	6,5	15 W	
68	219	68	43	8,5	20 W	80 W
100	345	100	61	11	30	
150	550	150	90	15	40	85 W
220	865	220	125	19	50	90
320	1340	320	180	24		
460	2060	460	250	30		140
680	3270	680	360	40		
1000	5170	1000	510	50		
1500	8400	1500	740	65		250

## Índice de viscosidade conf. ISO 2909 - Comparação de dois óleos minerais

Quanto mais alto o índice de viscosidade de um óleo, tanto menos sua viscosidade se altera a diferentes temperaturas



## Tipos de contaminação



### Contaminação sólida

- Corindo, crosta óxido de ferro, partículas de ferrugem
- Metais de desgaste, ferro, cobre, estanho, zinco...
- Fibras, partículas de borracha e vernizes



### Contaminação líquida

- Água de resfriamento
- Vapor



### Contaminação gelatinosa

- Envelhecimento de óleo / Verniz
- Mistura de óleos
- Aditivo separador (Dropout)



### Contaminação gasosa

- Ar
- Gases de processo

## Causas da contaminação no óleo

	Causa
<b>Sólido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contaminação por montagem</li> <li>– Contaminação pelo ambiente</li> <li>– Reenchimento de fluido hidráulico</li> <li>– Processos de desgaste interno</li> <li>– Envelhecimento de óleo</li> </ul>
<b>Líquido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Humidade do ar ambiental</li> <li>– Vazamentos de radiadores</li> <li>– Água de processo / vapor de processo</li> <li>– Vazamentos de vedações</li> <li>– Lavadoras de alta pressão</li> <li>– Processos químicos (Incineração, Oxidação, Neutralização)</li> </ul>
<b>Gelatinoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Envelhecimento do óleo</li> <li>– Mistura de óleos</li> </ul>
<b>Gasoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Misturas</li> <li>– Remoção de gases do óleo</li> </ul>

## Consequências da contaminação

	Consequências
<b>Sólido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desgaste abrasivo</li> <li>– Aumento de vazamento</li> <li>– Falha de componentes</li> <li>– Imprecisão de controle</li> <li>– Bloqueio de êmbolos de controle</li> <li>– Vida útil operacional do fluido curta</li> </ul>
<b>Líquido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Corrosão</li> <li>– Diminuição da viscosidade dinâmica                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição da espessura do filme lubrificante</li> <li>• Contato entre superfícies</li> <li>• Desgaste</li> </ul> </li> <li>– Alteração da consistência do óleo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação de produtos de envelhecimento do óleo ácidos</li> <li>• Formação de lodo</li> <li>• Aumento da velocidade de envelhecimento do óleo</li> </ul> </li> <li>– Danos por cavitação</li> </ul>
<b>Gelatinoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diminuição de folgas lubrificadoras por deposição                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do atrito e temperatura</li> <li>• Aumento de desgaste dos mancais</li> </ul> </li> <li>– Mal funcionamento de válvulas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamento de controle instável</li> </ul> </li> <li>– Danos de vedações dinâmicas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamentos</li> </ul> </li> <li>– Obstrução de elementos filtrantes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida operacional curta devido formação de lodo</li> </ul> </li> <li>– Elevada temperatura de mancais devido incrustações</li> </ul>
<b>Gasoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– cavitação</li> <li>– Oxidação</li> <li>– Superaquecimento local do óleo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da velocidade de envelhecimento do óleo</li> <li>• Imprecisão de controle</li> </ul> </li> </ul>

## Classes de pureza conforme ISO 4406

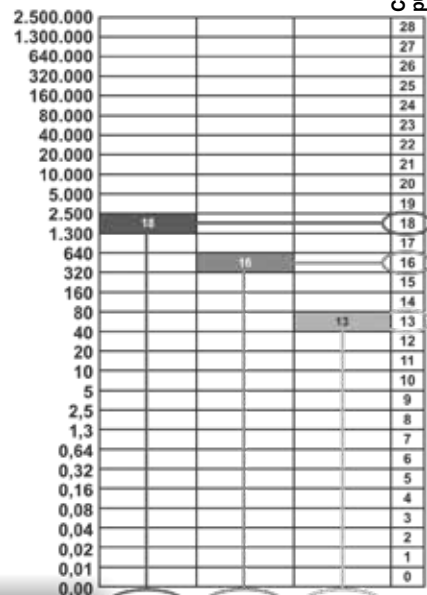
### Determinação do código ISO

Na ISO 4406 as quantidades de partículas são averiguados cumulativamente, quer dizer > 4 µm(c), >6 µm(c) e >14 µm(c) (manualmente por meio de filtração do fluido através de uma membrana de análise ou automaticamente com contadores de partículas) e agregados a índices.

Classe ISO	Quantidade de partículas/100 ml		Carga de contaminante (ACFTD) [mg/l]
	Mais que	Até inclusive	
0	0,5	1	–
1	1	2	–
2	2	4	–
3	4	8	–
4	8	16	–
5	16	32	–
6	32	64	0,001
7	64	130	–
8	130	250	–
9	250	500	–
10	500	1.000	0,01
11	1.000	2.000	–
12	2.000	4.000	–
13	4.000	8.000	0,1
14	8.000	16.000	–
15	16.000	32.000	0,2
16	32.000	64.000	0,5
17	64.000	130.000	1
18	130.000	250.000	3
19	250.000	500.000	5
20	500.000	1.000.000	7/10
21	1.000.000	2.000.000	20
22	2.000.000	4.000.000	40
23	4.000.000	8.000.000	80
24	8.000.000	16.000.000	–
25	16.000.000	32.000.000	–
26	32.000.000	64.000.000	–
27	64.000.000	130.000.000	–
28	130.000.000	250.000.000	–
> 28	250.000.000		

### Exemplo: Código ISO 18/16/13

Quantidade de partículas por ml



Exemplo:

Maior que 4 µm<sub>90</sub> = 2.340

Maior que 6 µm<sub>90</sub> = 595

Maior que 14 µm<sub>90</sub> = 43

= 18 / 16 / 13



## Classes de pureza conf. SAE AS 4059

Como a ISO 4406, a SAE AS 4059 descreve a concentração de partículas em fluidos. Os processos de análise podem ser utilizados análogos à ISO 4406 e NAS 1638.

As classes de pureza se baseiam no tamanho de partícula, da quantidade e da distribuição de partículas. Sendo que o tamanho de partícula averiguado depende do método de medição e da calibração, os tamanhos de partículas são identificados com letras (A - F).

Tamanho ISO 4402 Calibração ou contagem óptica*		Máx. concentração de partículas (partícula/100 ml)					
		> 1 µm	> 5 µm	> 15 µm	> 25 µm	> 50 µm	> 100 µm
Tamanho ISO 11171, calibração ou microscópio eletrônico**		> 4 µm <sub>(c)</sub>	> 6 µm <sub>(c)</sub>	> 14 µm <sub>(c)</sub>	> 21 µm <sub>(c)</sub>	> 38 µm <sub>(c)</sub>	> 70 µm <sub>(c)</sub>
Codificação de tamanho		A	B	C	D	E	F
classes de contaminação	000	195	76	14	3	1	0
	00	390	152	27	5	1	0
	0	780	304	54	10	2	0
	1	1.560	609	109	20	4	1
	2	3.120	1.220	217	39	7	1
	3	6.250	2.430	432	76	13	2
	4	12.500	4.860	864	152	26	4
	5	25.000	9.730	1.730	306	53	8
	6	50.000	19.500	3.460	612	106	16
	7	100.000	38.900	6.920	1.220	212	32
	8	200.000	77.900	13.900	2.450	424	64
	9	400.000	156.000	27.700	4.900	848	128
	10	800.000	311.000	55.400	9.800	1.700	256
11	1.600.000	623.000	111.000	19.600	3.390	512	
12	3.200.000	1.250.000	222.000	39.200	6.780	1.020	

\* Tamanho de partícula averiguado conf. dimensão mais longa

\*\* Tamanhos de partículas averiguados conf. diâmetro do círculo projetado com igual área de superfície

## Classes de pureza conf. ISO 1638

Como a ISO 4406 e a SAE AS 4059, a NAS 1638 descreve a concentração de partículas em líquidos. Este standard porém como Norma não é mais válido, mas na prática gosta de ser utilizado devido a seu simples manuseio (somente um número de identificação).

Os métodos de análise podem ser utilizados análogo à ISO 4406

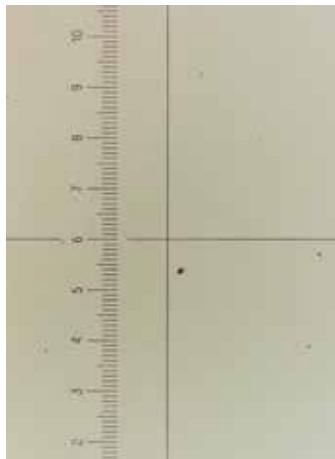
Ao contrário da ISO 4406, na NAS 1638 são contadas determinadas faixas de tamanhos de partículas e a estas associadas números de identificação.

### Número de partículas em amostra de 100 ml

		Tamanho de partícula (µm)				
		5-15	15-25	25-50	50-100	>100
classes de contaminação	00	125	22	4	1	0
	0	250	44	8	2	0
	1	500	89	16	3	1
	2	1.000	178	32	6	1
	3	2.000	356	63	11	2
	4	4.000	712	126	22	4
	5	8.000	1425	253	45	8
	6	16.000	1.850	506	90	16
	7	32.000	5.700	1.012	180	32
	8	64.000	11.600	2.025	360	64
	9	128.000	22.800	4.050	720	128
	10	256.000	45.600	8.100	1.440	256
11	512.000	91.200	16.200	2.880	512	
12	1.024.000	182.400	32.400	5.760	1.024	

## Foto comparativa para classes de contaminação

ISO 4406      Classe 14/12/9  
SAE AS 4059      Classe 4  
NAS 1638      Classe 3

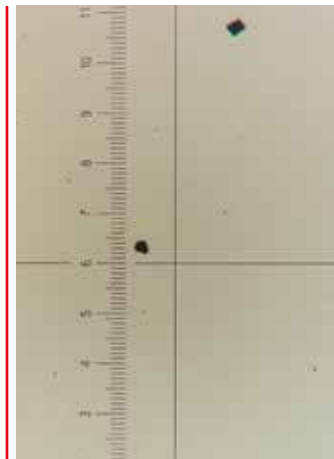


ISO 4406      Classe 15/13/10  
SAE AS 4059      Classe 5  
NAS 1638      Classe 4



Ampliação: x 100  
Volume de óleo: 100 ml  
1 traço na escala = 10 µm

ISO 4406      Classe 16/14/11  
SAE AS 4059      Classe 6  
NAS 1638      Classe 5



ISO 4406      Classe 17/15/12  
SAE AS 4059      Classe 7  
NAS 1638      Classe 6

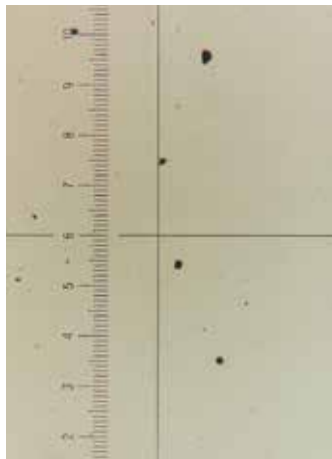


Ampliação: x 100  
Volume de óleo: 100 ml  
1 traço na escala = 10 µm



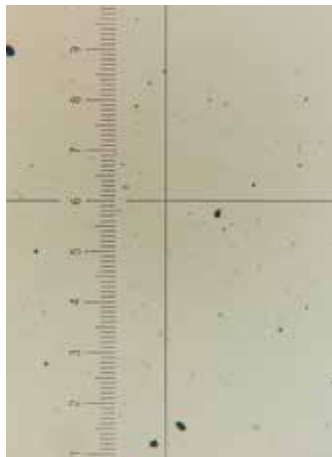
ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 18/16/13  
Classe 8  
Classe 7



ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 19/17/14  
Classe 9  
Classe 8



ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 20/18/15  
Classe 10  
Classe 9



ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 21/19/16  
Classe 11  
Classe 10

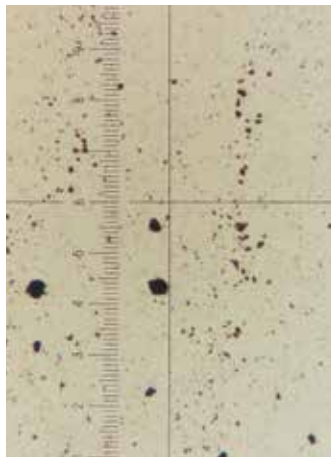


Ampliação: x 100  
Volume de óleo: 100 ml  
1 traço na escala = 10 µm

Ampliação: x 100  
Volume de óleo: 100 ml  
1 traço na escala = 10 µm

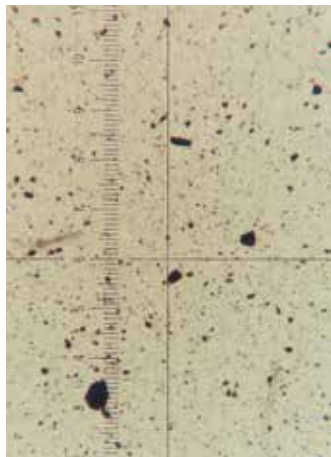
ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 22/20/17  
Classe 12  
Classe 11



ISO 4406  
SAE AS 4059  
NAS 1638

Classe 23/21/18  
Classe 13  
Classe 12



Ampliação: x 100  
Volume de óleo: 100 ml  
1 traço na escala = 10 µm

## Exemplos de contaminação por partículas sólidas

### Predominante ferrugem, Aditivos (partículas brancas)

Efeito:

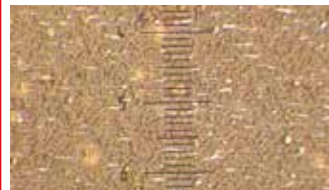
- Forte envelhecimento de óleo
- Mal funcionamento de bombas, válvulas
- Desgaste, na maioria água no óleo



### produtos de envelhecimento do óleo

Efeito:

- Bloqueio de filtro
- Acúmulo de lodo no sistema



### Lascas metálicas (chips de fluxo)

Efeito:

- Mal funcionamento de bombas, válvulas
- Desgaste de vedações
- Fugas/vazamentos
- Envelhecimento do óleo

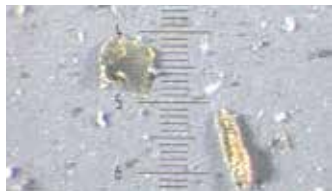


Ampliação: 48 vezes  
1 traço de graduação = 45 µm

### Partículas resp. cavacos de bronze, latão ou cobre

Efeito:

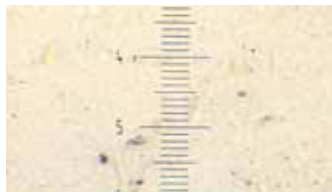
- Mal funcionamento de bombas, válvulas
- Envelhecimento do óleo
- Vazamentos
- Desgaste de vedações



### Resíduo gelatinoso

Efeito:\*

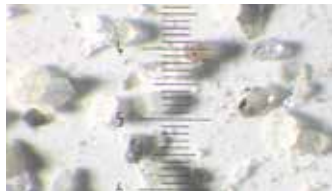
- Bloqueio de filtro
- Acúmulo de lodo no sistema



### Silicatos resultantes da ausência ou insuficiente filtro de respiro

Efeito:\*

- Forte desgaste em componentes
- Mal funcionamento de bombas, válvulas
- Desgaste de vedações



Ampliação: 48 vezes  
1 traço de graduação = 45 µm

### Partículas de pintura (vermelho-marrrom) Partículas de plástico (azul)

Efeito:

- Mal funcionamento de bombas, válvulas
- Desgaste de vedações



### Fibras resultantes de contaminação inicial, tanque aberto, panos de limpeza etc.

Efeito:\*

- Entupimento de bicos injetores
- Vazamento/furas em válvulas de assento



Ampliação: 48 vezes  
1 traço de graduação = 45 µm

## Exigências à pureza de óleos hidráulicos e lubrificação

	Pressão baixa/média < 140 bar (Condições moderadas)		Pressão alta 140 ... 200 bar (baixas/médias a Condições ruins <sup>1</sup> )		pressão muito alta > 200 bar (pressão alta a condições ruins <sup>1</sup> )	
	ISO 4406 Classe de pureza meta	Grau de filtração µm	ISO 4406 Classe de pureza meta	Grau de filtração µm	ISO 4406 Classe de pureza meta	Grau de filtração µm
<b>Bombas / motores</b>						
Engrenagem ou palhetas	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Pistão	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Palhetas variáveis	18/16/13	5	17/15/12	3	não exigido	não exigido
Pistões variáveis	18/16/13	5	17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
<b>Acionamentos</b>						
Cilindros	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Acionamentos hidrostáticos	16/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
Bancadas de teste	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
<b>Válvulas</b>						
Válvula de retenção	20/18/15	20	20/18/15	20	19/17/14	10
Válvula direcional	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Válvula reguladora de vazão standard	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Válvula de assento	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Válvula proporcional	17/15/12	3	17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
Servoválvulas	16/14/12	3 <sup>2)</sup>	16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
<b>Mancais</b>						
Mancais deslizantes <sup>3)</sup>	18/15/12	10	não exigido	não exigido	não exigido	não exigido
Transmissões <sup>3)</sup>	17/15/12	10	não exigido	não exigido	não exigido	não exigido
Rolamentos de esferas <sup>3)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	não exigido	não exigido	não exigido	não exigido
Rolamentos de roletes <sup>3)</sup>	16/14/11	5	não exigido	não exigido	não exigido	não exigido

## Exigências de pureza ao Diesel

	ISO 4406:1999 Classe de pureza meta ISO 4406	Grau de filtração µm
<b>Tanque</b>	18/16/13	5 µm (elementos de passagem única)
<b>Sistema de injeção</b>	12/10/8	5 µm (elementos de passagem única)

- 1) Condições ruins podem ocorrer devido a grandes oscilações de pressão, picos de pressão, frequentes partidas frias, penetração de contaminantes extremamente alta ou a existência de água.
- 2) Podem ser necessários dois ou mais filtros de sistema do grau de filtração recomendado, para alcançar e manter a classe de pureza meta desejada.
- 3) Válido na faixa de diâmetro médio

Para a pureza do sistema recomendamos, executar sempre uma classe melhor do que a pureza exigida para os componentes mais sensíveis. Filtração de enchimento/filtração de lavagem no mínimo uma unidade de filtração mais fina do que a filtração do sistema. Conforme DIN 51524, para óleo hidráulico novo, deve ser assegurada uma pureza de ISO 21/19/16.

## Ponto de saturação

### Água dissolvida

#### Abaixo do ponto de saturação

- Água está presente sob forma dissolvida – como umidade no ar
- Todas as moléculas de água são depositadas em componentes de óleo polar (p.ex. aditivos, partículas, produtos de envelhecimento do óleo)



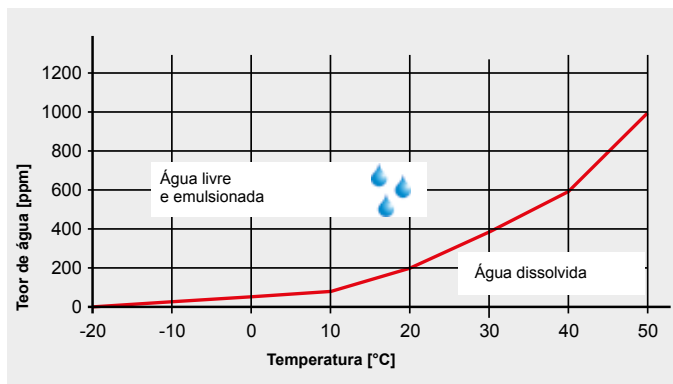
### Água livre

#### Abaixo do ponto de saturação

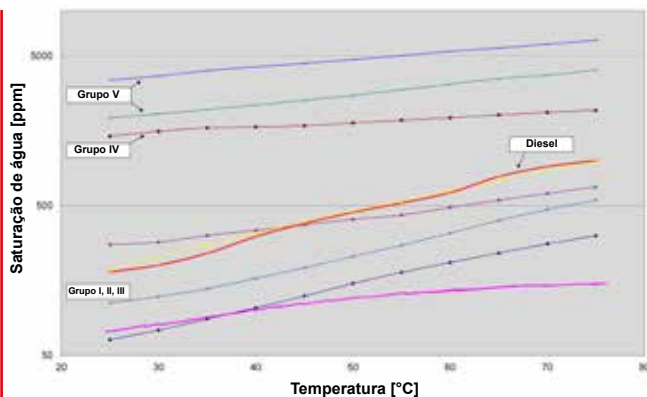
- Água está presente como emulsão (semelhante a neblina), onde finíssimas gotículas de água estão distribuídas numa suspensão estável no óleo. Isto resulta num turvamento do óleo
- Água está presente em forma livre, que geralmente se deposita no fundo



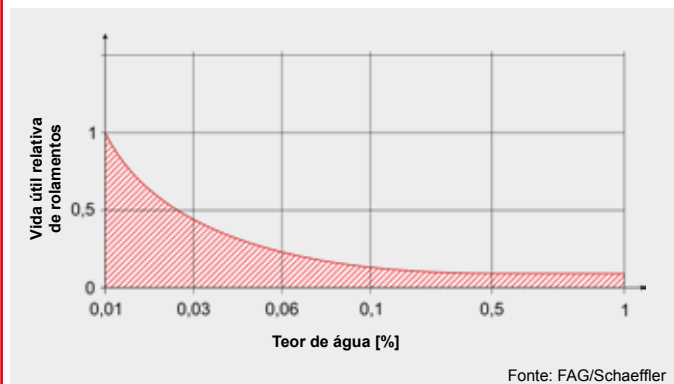
## Limite de saturação de água em óleo



## Curvas de saturação de água



## Vida útil de mancais em função do teor de água



Fonte: FAG/Schaeffler

## Verniz – Método de análise

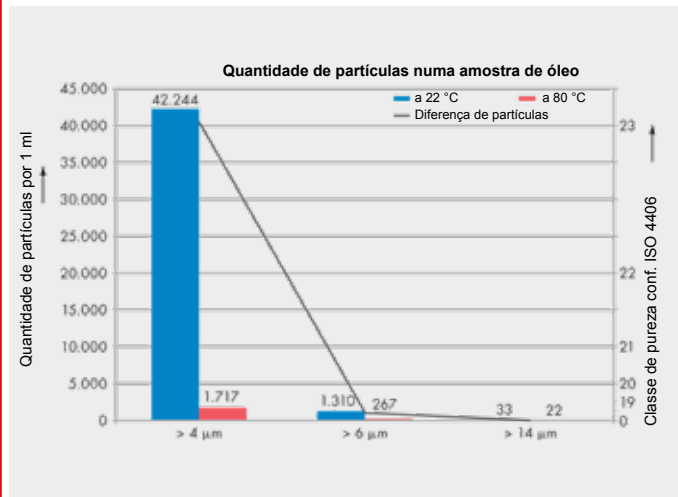
### Análises de laboratório - Verniz:

– MPC (MembranPatchColorimetry)  
com base na ASTM D7843-12



### Análises de laboratório – especial:

– Medição de partículas a 20 °C e 80 °C  
com base na ISO 11500



## Fotos exemplo



Êmbolo de válvula com depósitos

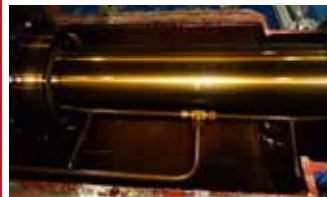


Provas de óleo a temperatura ambiental com ligeira turvação

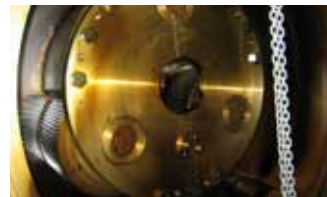


Membrana de filtro antes e depois da separação de verniz

## Fotos típicas de depósitos numa turbina a vapor



Manga de acoplamento



Transmissão estágio planetário



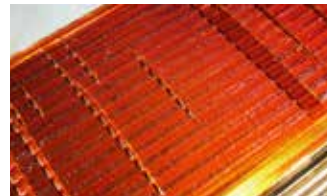
Mancal de turbina radial & axial



Bomba de óleo de emergência



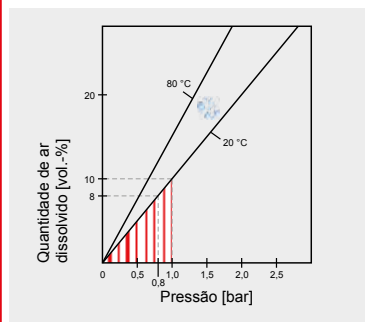
Dentes de engrenagem



Aletas do radiador de óleo (lado do óleo)

## Solubilidade de ar em óleo

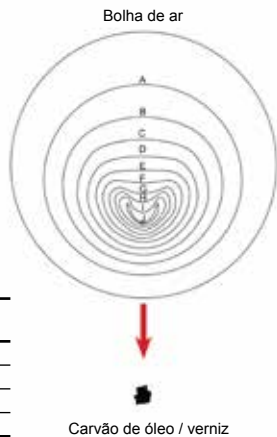
### Dependente de pressão e temperatura



A 20 °C e 1 bar  
(Pressão atmosférica)  
aprox. 10 % ar dissolvido  
→ em 100 litros de óleo aprox. 10  
litros de ar

Com redução de pressão para  
0,8 bar  
apenas 8% do ar ainda é solúvel  
→ em 100 litros de óleo são  
liberados 2 litros de ar!

### Envelhecimento de fluido por cavitação



Área	Pressão	Temperatura
A	1 bar	38 °C
F	69 bar	766 °C
H	138 bar	994 °C
I	207 bar	1140 °C


## Capacidade de separação de ar para óleos novos

Valores limite de padrões típicos para óleo novo						
ISO tipo/VG	32	46	68	100	(150)	(>320)
Óleo de turbina DIN 51515, ISO 8068	5	5	6	x	x	x
Fluido hidráulico HLP/ HM DIN 51524/2, ISO 11158	5	10	13	21	32	x

### Fotos exemplo



## Carteira de produtos

Tipo de contaminação	Aparelhos de medição (online / offline)		Processos de separação / aparelhos de tratamento de óleo		
Sólido	 ContaminationSensor <b>CS 1000</b>	 Metallic ContaminationSensor <b>MCS 1000</b>	<b>Elemento filtrante</b>   		
	 ContaminationSensor Module Economy <b>CSM-E</b>	 FluidControl Unit <b>FCU 1315</b>	<b>MobileFiltration Unit MFU</b>	<b>OffLine Filter OLF 5</b>	<b>OffLine Filter BiDirectional OLFBD</b>
Líquido	 AquaSensor <b>AS 1000 &amp; AS 3000</b>		<b>Evaporação a vácuo</b>  FluidAqua Mobil <b>FAM</b>	<b>coalescer/aglutinar</b>  OffLine Separator <b>OLS</b>	<b>Superabsorvente</b>  MobileFiltration Unit <b>MFU</b>
	 ContaminationSensor Module Economy <b>CSM-E</b>	 FluidControl Unit <b>FCU 1315</b>		 LowViscosity Housing Coalescer Diesel <b>LVH-CD</b>	 Aquamicon <b>AM</b>
Gelatinoso			<b>Filtração a frio</b>  VarnishElimination Unit <b>VEU-F</b>	<b>Trocador de ions</b>  Ion eXchange Unit <b>IXU</b>	
Gasoso			<b>Secagem a vácuo</b>  FluidAqua Mobil <b>FAM</b>	 <b>OXiStop OXS</b>	