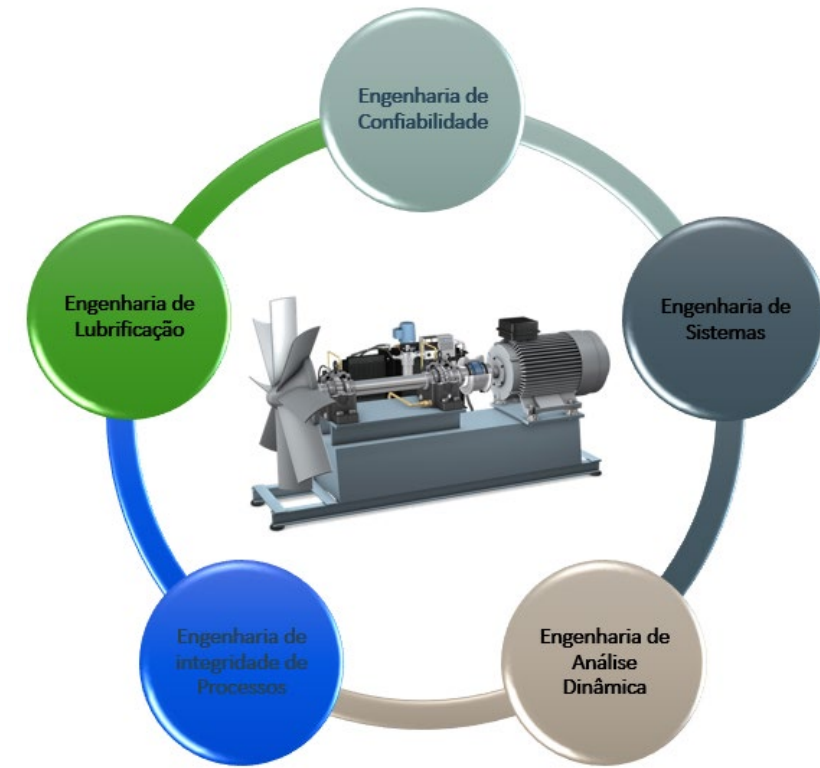
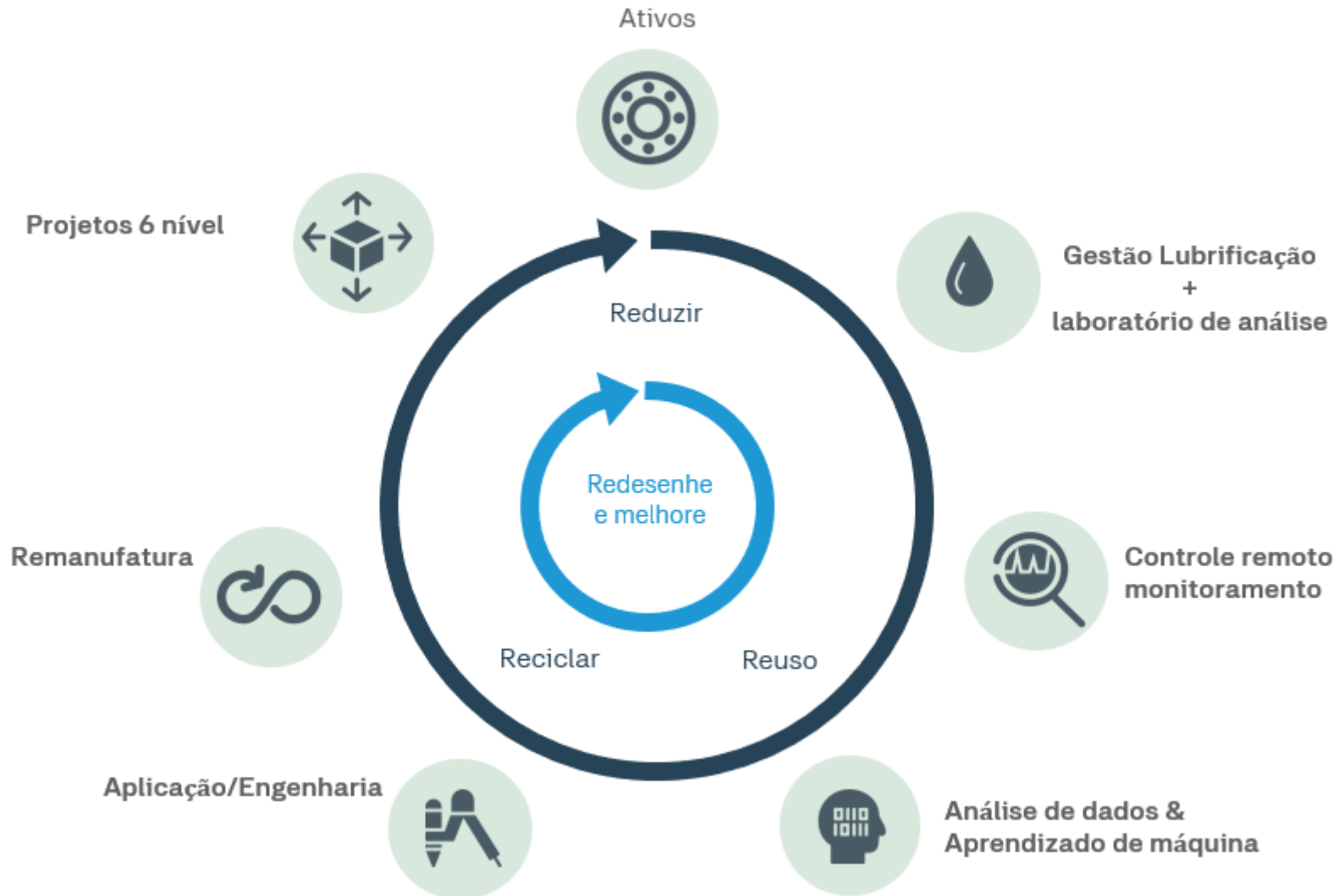




Impacto quanto aplicação da graxa correta na vida a fadiga do rolamento – Estudos de caso

Eng° Emerson Pedrozo
Outubro/2023

SKF – Empresa global de soluções



Impacto da Lubrificação na vida útil do equipamento rotativo



16%

Montagem
Inadequada



34%

Fadiga

50% de todas as falhas de rolamentos são originadas por problemas de lubrificação



14%

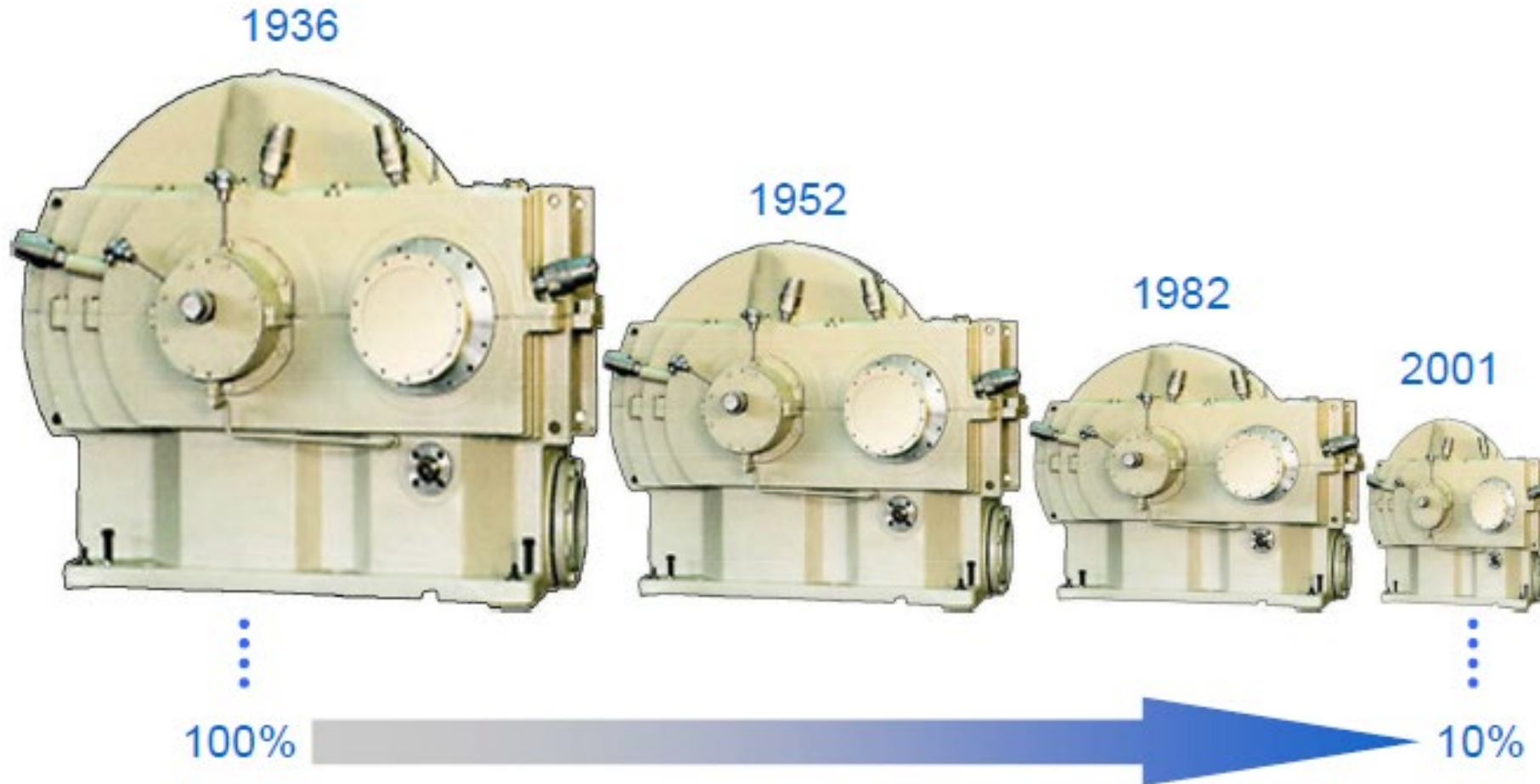
Contaminação



36%

Lubrificação
Inadequada

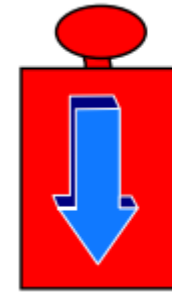
O desenvolvimento da massa/potência em equipamentos industriais



Fatores determinantes na seleção - graxa



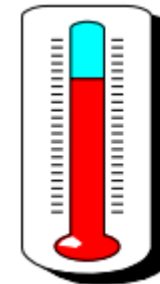
- 1 Indique a consistência;
- 2 Cheque necessidade de aditivação EP/lubrificante sólido;
- 3 Selecione propriedades adicionais do lubrificante;
- 4 Cheque a viscosidade do óleo base.



Rolamento – Carga



Rotação



Temperatura

Fatores determinantes na seleção - cuidados

Fatores de rolamentos e limites recomendados para o fator de velocidade A				
Tipo de rolamento ¹⁾	Fator do rolamento b_f	Limites recomendados para o fator de velocidade A para relação de carga		
		$C/P \geq 15$	$C/P = 8$	$C/P = 4$
		mm/min		
–	–			
Rolamentos rígidos de esferas	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos Y	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos de esferas de contato angular	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos autocompensadores de esferas	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos de rolos cilíndricos				
– rolamentos livres	1,5	450 000	300 000	150 000
– rolamento fixo, sem cargas axiais externas ou com cargas axiais leves, mas alternadas	2	300 000	200 000	100 000
– rolamento fixo, com carga axial leve de atuação constante	4	200 000	120 000	60 000
– sem gaiola, conjunto completo ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
Rolamentos de rolos de agulhas				
– com gaiola	3	350 000	200 000	100 000
– sem gaiola, conjunto completo	Entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação SKF.			
Rolamentos de rolos cônicos	2	350 000	300 000	200 000
Rolamentos autocompensadores de rolos				
– quando a relação de carga $F_a/F_r \leq e$ e $d_m \leq 800$ mm séries 213, 222, 238 e 239	2	350 000	200 000	100 000
séries 223, 230, 231, 232, 240, 248 e 249	2	250 000	150 000	80 000
série 241	2	150 000	80 000 ⁴⁾	50 000 ⁴⁾
– quando a relação de carga $F_a/F_r \leq e$ e $d_m > 800$ mm séries 238 e 239	2	230 000	130 000	65 000
séries 230, 231, 232, 240, 248 e 249	2	170 000	100 000	50 000
série 241	2	100 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
– quando a relação de carga $F_a/F_r > e$ todas as séries	6	150 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
Rolamentos de rolos toroidais CARB				
– com gaiola	2	350 000	200 000	100 000
– sem gaiola, conjunto completo ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
Rolamentos axiais de esferas	2	200 000	150 000	100 000
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos	10	100 000	60 000	30 000
Rolamentos axiais de rolos de agulhas	10	100 000	60 000	30 000
Rolamentos axiais autocompensadores de rolos				
– arruela de eixo rotativa	4	200 000	120 000	60 000
Rolamentos de leva e de apoio	Entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação SKF.			

- Limite de velocidade vs carga;
- Carga mínima;
- Velocidade de referência ajustada;
- Entre outros.

Calculation results

Unfold all

Lubrication & contamination
Oil without filter

Bearing Properties 22230 CCK/W33

Minimum load P_m : 5.79 kN

Calculation results

Unfold all

Lubrication & contamination
Grease

Bearing Properties 22230 CCK/W33

Minimum load P_m : 10.8 kN

Cuidado!

Fatores determinantes na seleção - A_{SKF}

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

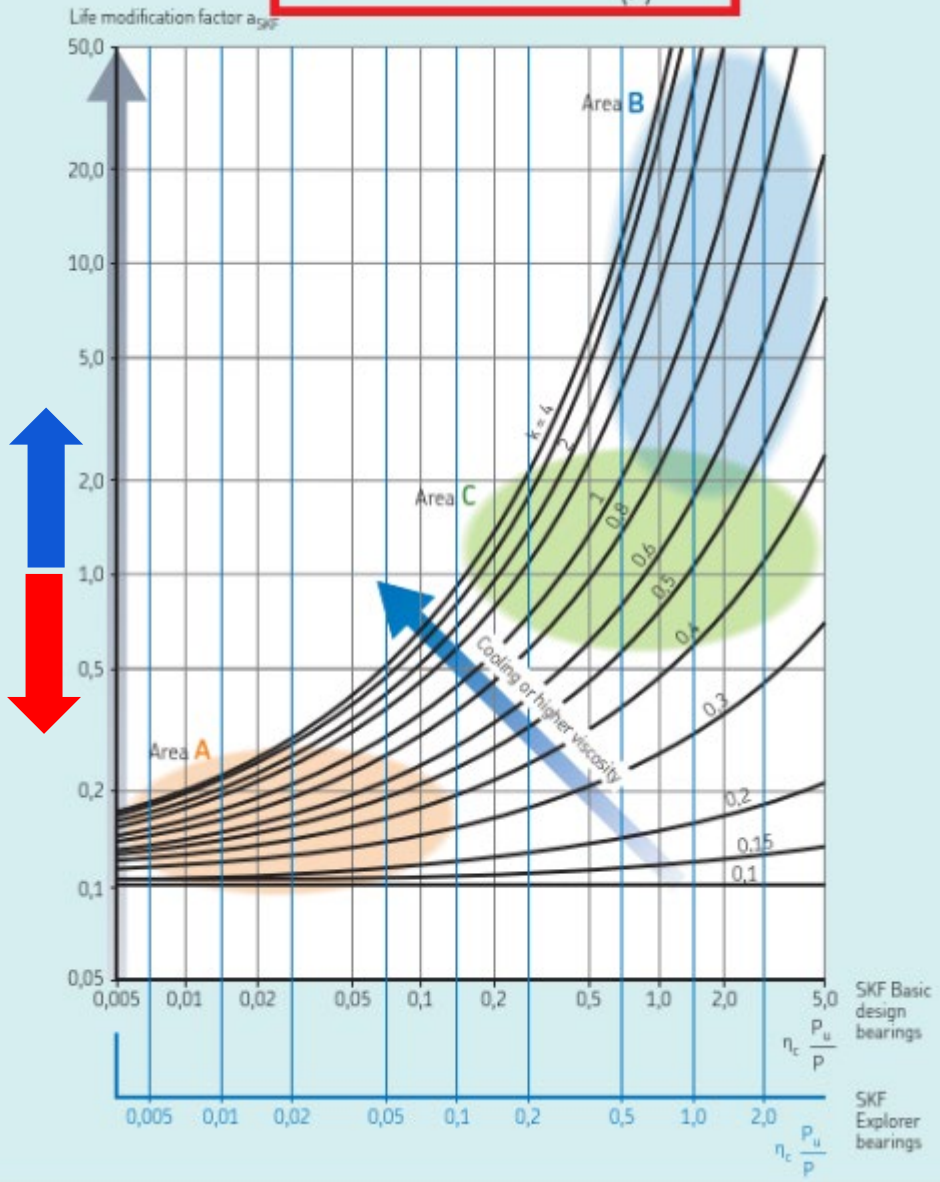
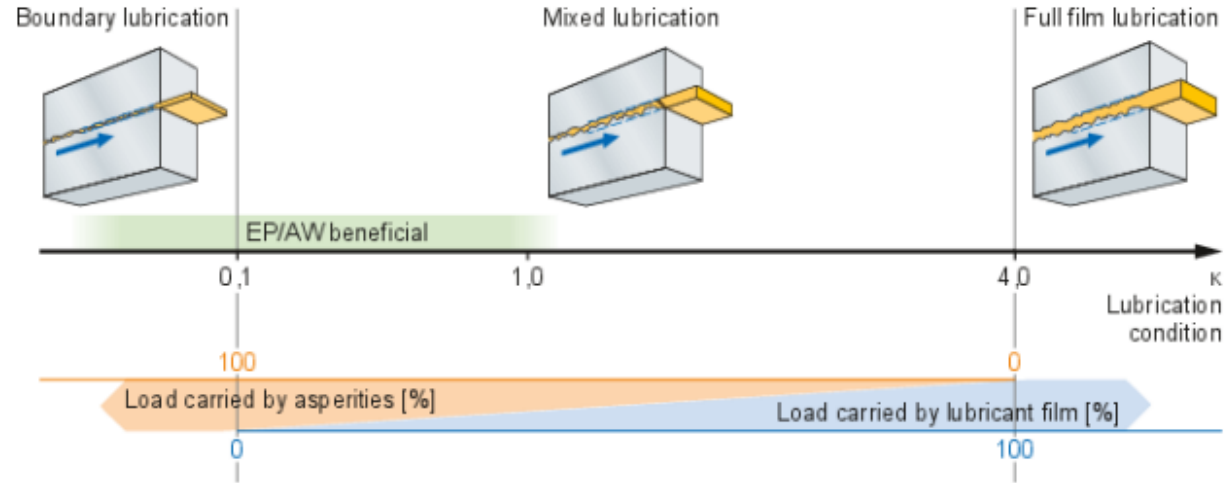


diagrama 3 - Condição de lubrificação



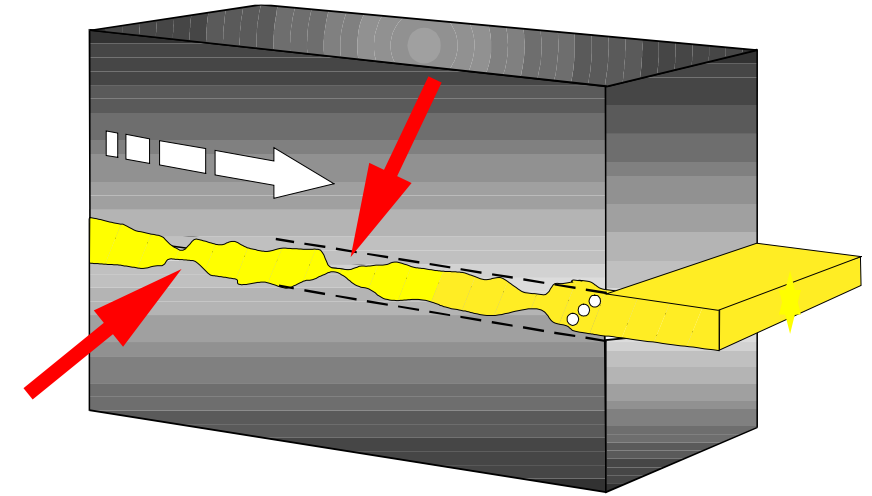
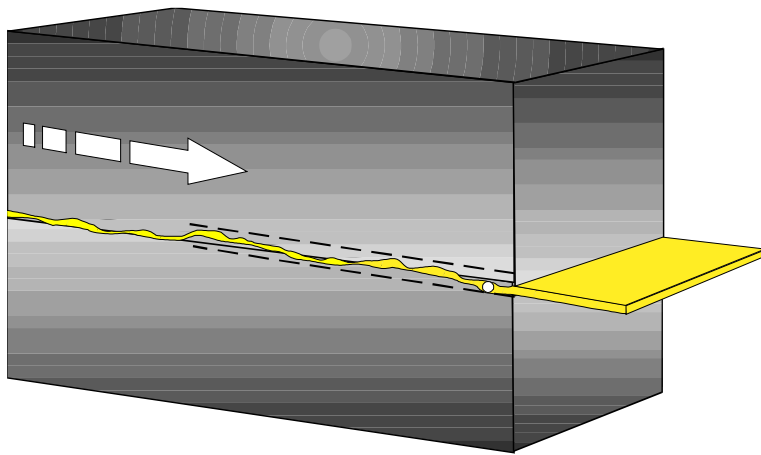
Condição de lubrificação	κ	Seleção de tamanho
Lubrificação máxima Contato de aspereza total, desgaste sem aditivos EP, alto atrito	$\kappa < 0,1$	fator de segurança estática
Lubrificação mista Contato de aspereza reduzido, desgaste e fadiga superficial sem aditivos EP, atrito reduzido	$0,1 < \kappa < 4$	fator de segurança estática e vida nominal ¹⁾
Lubrificação de filme completo Sem contato de aspereza, maior momento de atrito viscoso	$\kappa > 4$	Vida nominal SKF, mas sem ganhos e temperatura elevada

- Cálculo de vida a fadiga – fator A_{SKF}

Quando usar Aditivos?

Aditivos EP são requeridos quando:

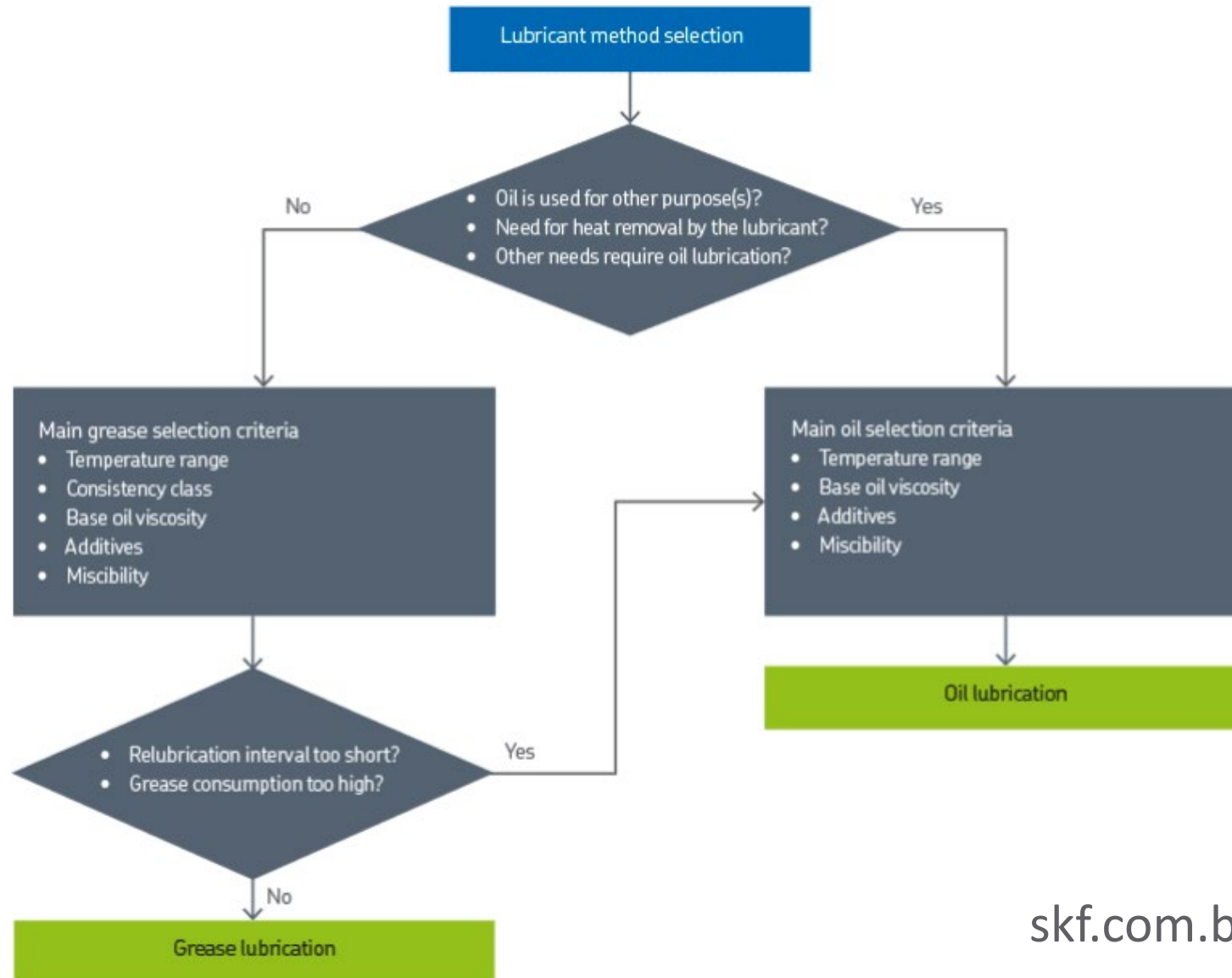
- Existem altas cargas ($C/P < 5$)
- Existem cargas de choque
- Ocorrem frequentes arranques e paradas



A adição de aditivos sólidos (Grafite/MoS₂) é sugerida quando:

- A velocidade do rolamento é muito baixa ($n.dm < 20,000$) e cargas elevadas

Fatores determinantes na seleção - fluxograma





SKF®

Estudios de Caso

Ventilador de forno - antes

Dados

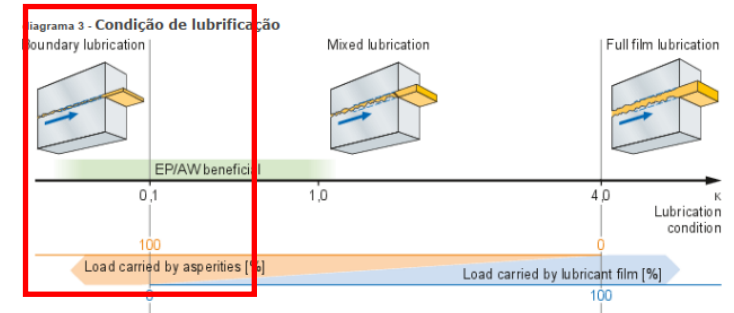
- Rolamento: 22222 EK
- Rotação: 1780 rpm com reversão
- Temperatura: 100~120° C
- Graxa: lítio com óleo base PAO, 30 cSt, MoS₂
- MTBF: 8 meses (máximo)
- Abertura mensal para troca da carga de graxa
- Fator de velocidade: 279.000 mm/min ←
- Contaminação: moderada

Calculation results

Unfold all

Bearing Properties 22222 EK

Viscosity $\kappa : 0.58$

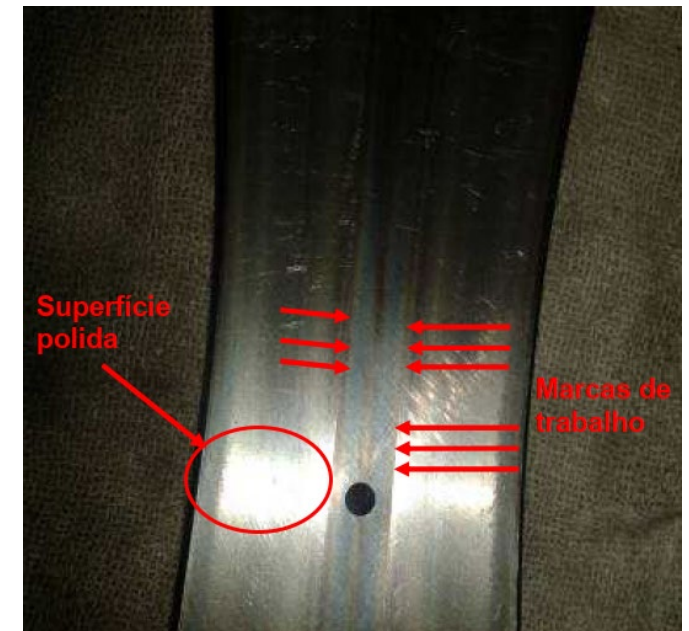


Condição de lubrificação	κ	Seleção de tamanho
Lubrificação máxima Contato de aspereza total, desgaste sem aditivos EP, alto atrito	$\kappa < 0,1$	fator de segurança estática
Lubrificação mista Contato de aspereza reduzido, desgaste e fadiga superficial sem aditivos EP, atrito reduzido	$0,1 < \kappa < 4$	fator de segurança estática e vida nominal ¹⁾
Lubrificação de filme completo Sem contato de aspereza, maior momento de atrito viscoso	$\kappa > 4$	Vida nominal SKF, mas sem ganhos e temperatura elevada



Velocidades muito baixas

Aditivos sólidos, como grafite e dissulfeto de molibdênio (MoS₂) podem ser considerados para um fator de velocidade $A < 20\ 000$ mm/min. ←



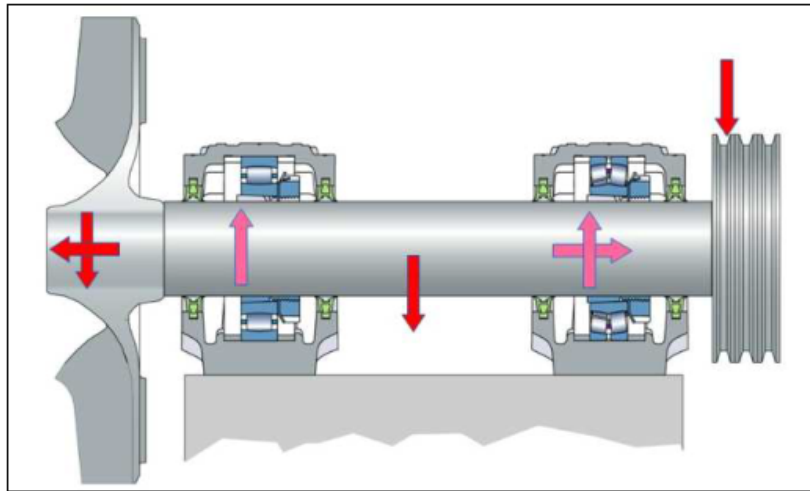
Ventilador de forno – atual

Solução

- Troca da graxa aplicada
- Complexo de lítio, PAO, 100 cSt sem aditivação sólida

Recomendações adicionais

- Automatizar em função da reversão – sistema simples
- Alterar arranjo para SRB + CARB
- Aplicar vedação tipo labirinto evitando excesso;



❖ Em operação desde 2015

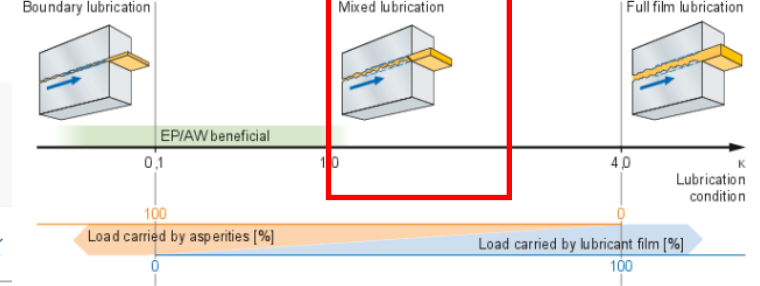
Calculation results

Unfold all

Bearing Properties 22222 EK

Viscosity κ : 1.59

diagrama 3 - Condição de lubrificação



Condição de lubrificação	κ	Seleção de tamanho
Lubrificação máxima Contato de aspereza total, desgaste sem aditivos EP, alto atrito	$\kappa < 0,1$	fator de segurança estática
Lubrificação mista Contato de aspereza reduzido, desgaste e fadiga superficial sem aditivos EP, atrito reduzido	$0,1 < \kappa < 4$	fator de segurança estática e vida nominal ¹⁾
Lubrificação de filme completo Sem contato de aspereza, maior momento de atrito viscoso	$\kappa > 4$	Vida nominal SKF, mas sem ganhos e temperatura elevada

Lubricator

- LAGD 60
- LAGD 125
- TLSD 125
- TLSD 250
- TLMR 120ml
- TLMR 380ml
- LAGD 400
- LAGD 1000

Grease

Type: AC DC

Outlets: 10 12 14 16 18 20

- Unspecified
- LGEM 2
- LGHB 2
- LGEP 2
- LGHP 2
- LGLT 2
- LGFP 2
- LGEV 2
- LGWA 2
- LGWM 1
- LGMT 3
- LGMT 2
- LGGB 2
- LGWM 2

Operating Conditions

n - Speed: 1800 rpm Op hrs/day: 24 hrs

Bearing operating temperature: Low: 47-63°C Normal: 63-78°C High: 78-93°C Very High: 93-107°C

Contamination/Moisture: Moderate Low

Shock Load: No Ambient Temperature: Above 40 °C

Shaft Orientation: Horizontal Vertical

Replenishment: Through W33 groove Other

Rotating Outer Ring: No Yes

Low Moderate High

Results

LAGD 1000

t-relub - Relub interval: 1300 hrs t-relub - Corrected interval: 300 hrs

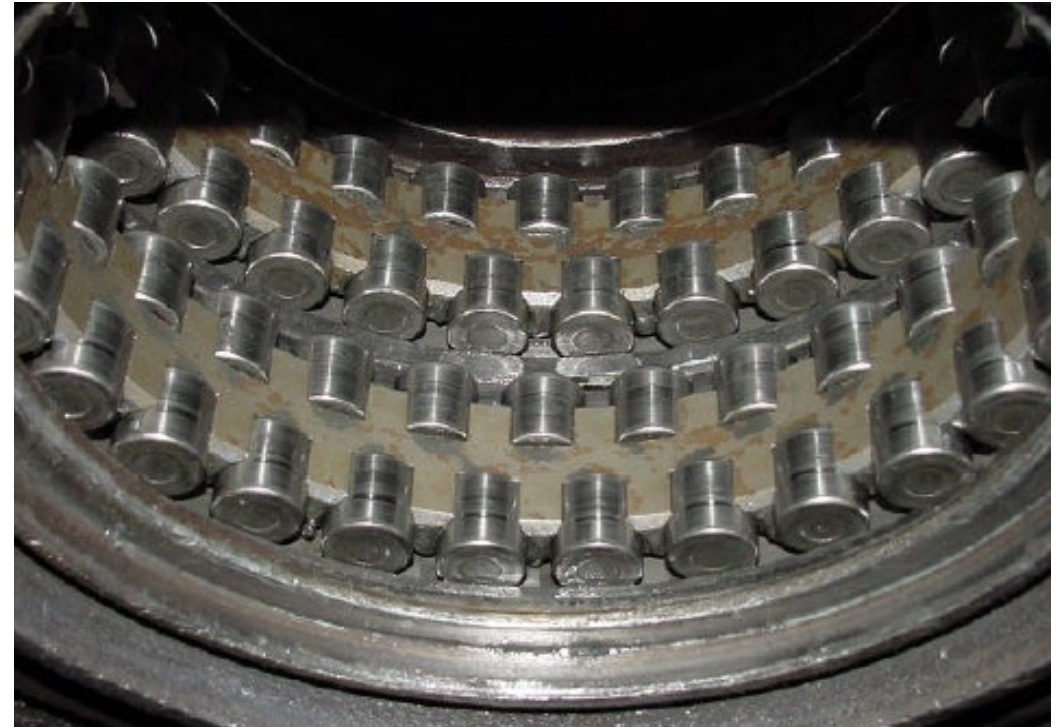
Gp - Grease quantity: 21.0 g Qf - Feed rate: 1.56 g/day

tCo=1.0 min
tPa=2.8 hs

Gaiola de Laminação - antes

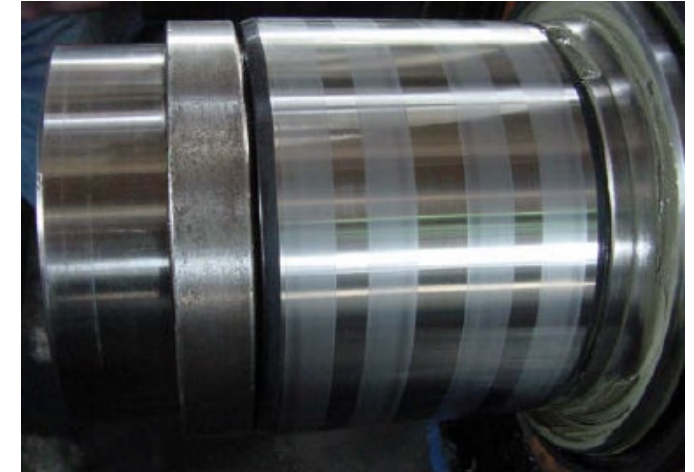
Dados

- Rolamento SKF 314190, 900 RPM, 70° C;
- Contaminação por água e carga de choque;
- Desgaste & corrosão no rolamento de rolos cilíndricos
- Alto consumo de lubrificante;
- Consumo de rolamento;
- Graxa complexo de lítio, óleo base mineral, 220 cSt

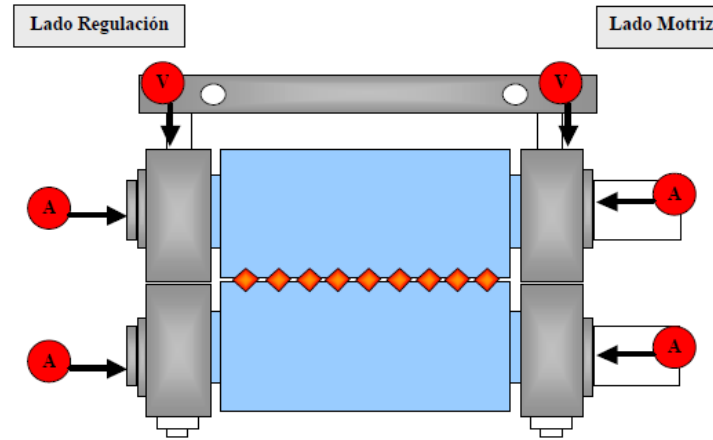
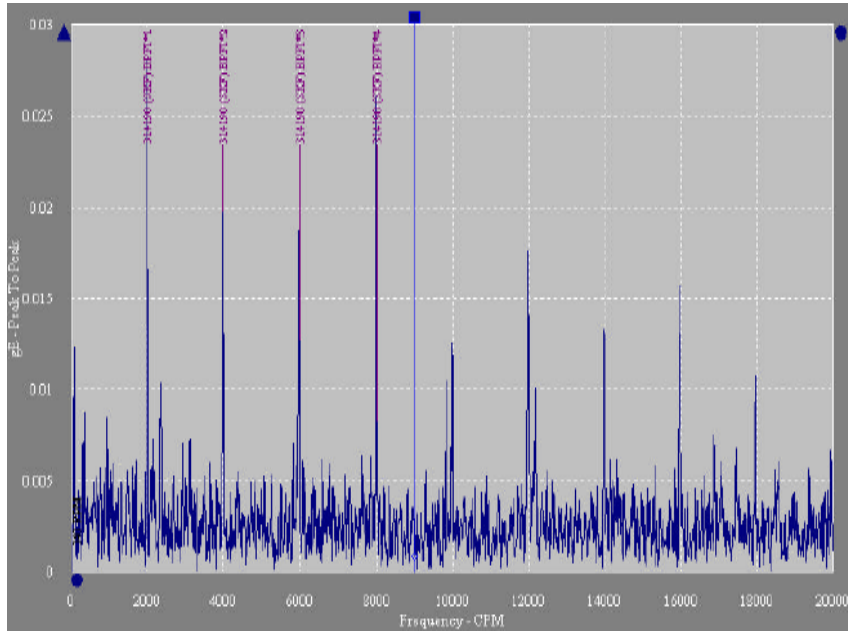


Gaiola de Laminação – protocolos e resultados

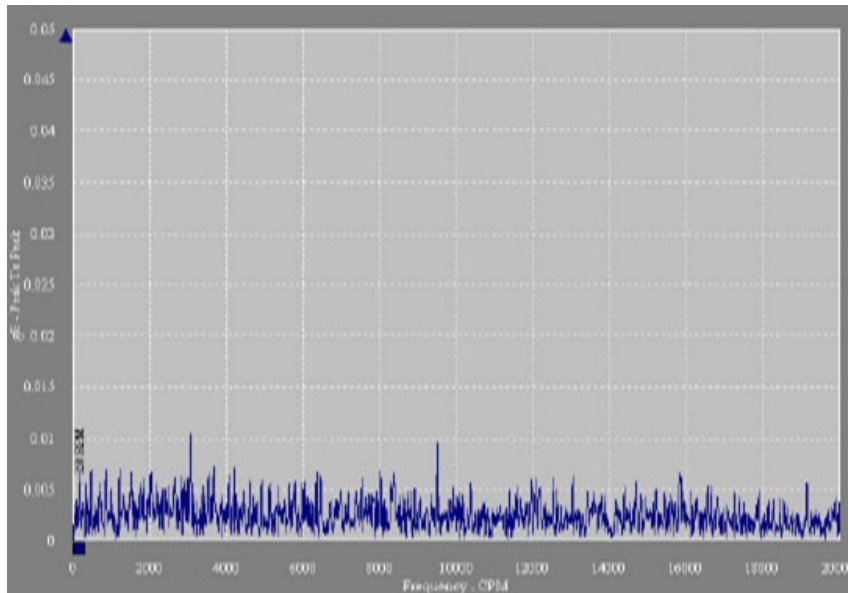
- Conhecimento SKF em rolamento e lubrificação;
- Condições operacionais – cálculo do fator de viscosidade e outros;
- Intervalo e quantidade – método SKF como ponto de partida.
- Graxa complexo sulfonato de calcio, óleo base 450 cSt.
- Instalado rolamento novo;
- Lubrificação inicial;
- Deconectado do sistema de lubrificação;
- Monitoramento de vibração diária;
- Relubrificação a cada 10h por 1 semana.



Gaiola de Laminação – resultados



Ampueza 65	1 Vert- Vel	0.59	0.48
Ampueza 65	1 Env- Ace	0.88	0.25
Ampueza 65	1 SEE	2.28	0.33
Ampueza 65	2 Axial- Vel	0.70	0.69
Ampueza 65	2 Envl- Ace	0.61	0.226
Ampueza 65	2 SEE	2.77	0.39



- Teste realizado com sucesso;
- Redução do consumo de graxa de 260g por dia para 120g;
- Redução do desgaste e corrosão;
- Maior confiabilidade no processo;
- Integração das plataformas SKF como solução.

SKF®