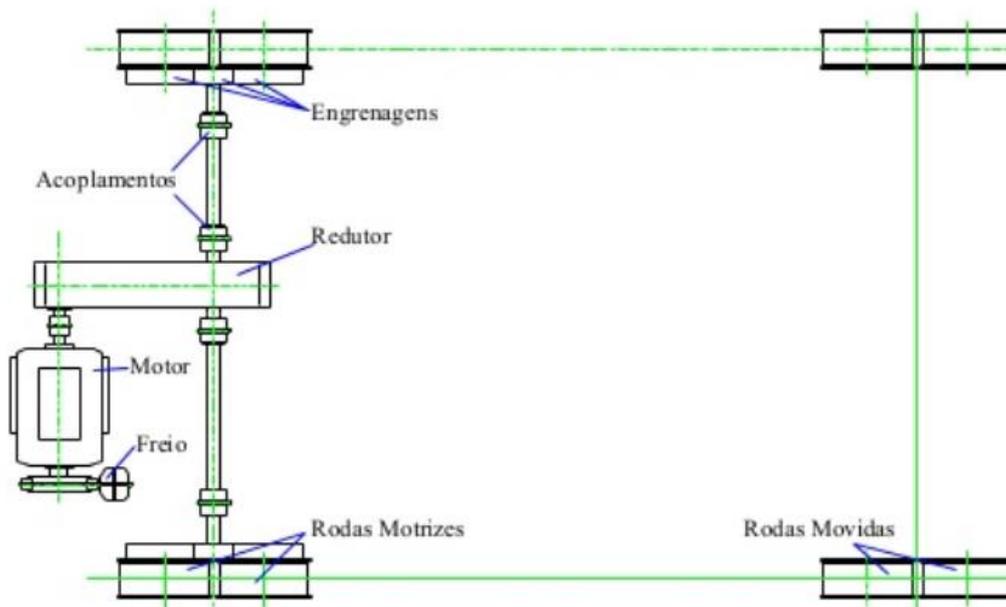
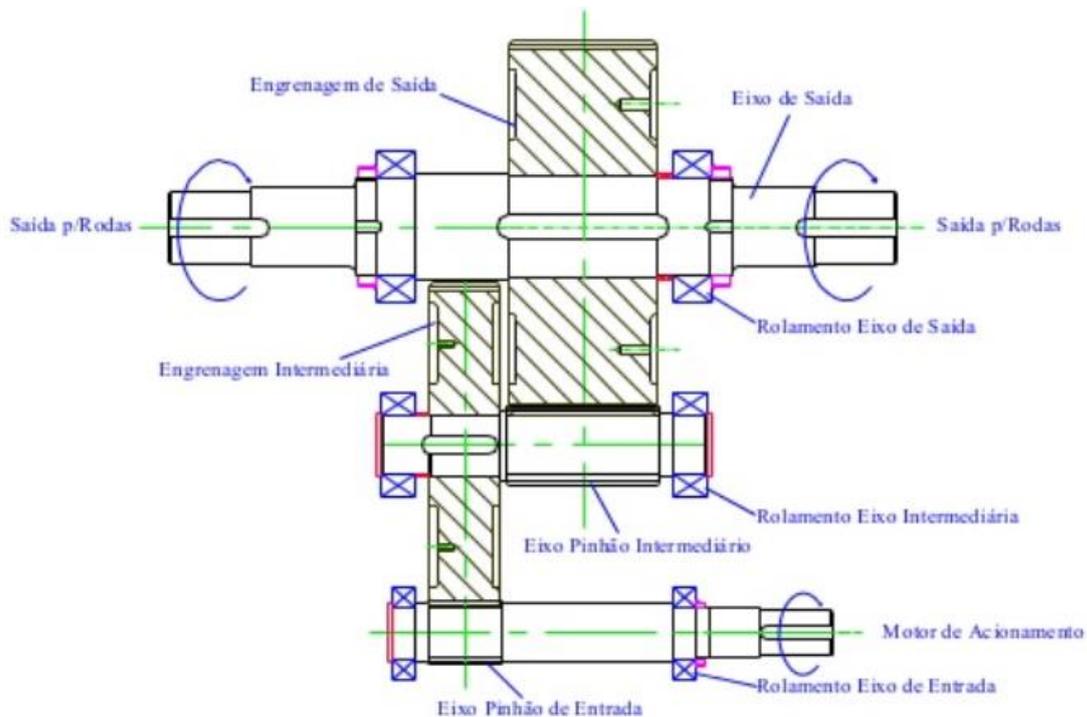


## TRABALHO FINAL

O carro de ponte rolante, mostrado esquematicamente em vista superior na Figura 1, tem capacidade de carga máxima de 250 toneladas, velocidade de translação de 40 m/min, acionado por motor elétrico de 8 polos, 60Hz (rotação 900 rpm) e leva 4 s para atingir a velocidade máxima. O sistema de tração é constituído por um redutor de 2 eixos (representado esquematicamente na Figura 2), acoplamentos, e engrenagens externas.



**Figura 1** – Esquema acionamento da translação do carro de uma ponte rolante.



**Figura 2** – Esquema do redutor do acionamento da carro.

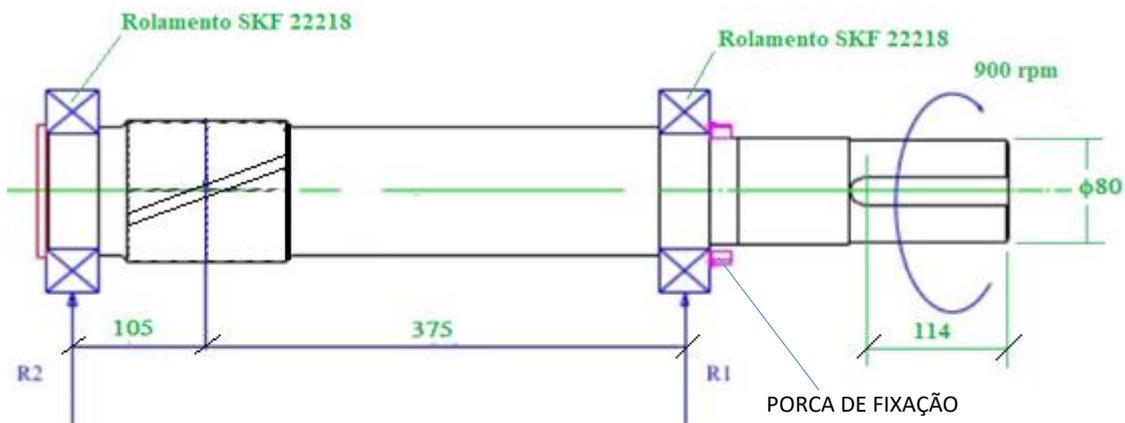
Os dados gerais das engrenagens do redutor estão na Tabela 1. O passo diametral normal e o diâmetro primitivo estão em polegadas, devendo ser convertidos para o sistema módulo, em milímetros, para efeito dos cálculos.

**Tabela 1** – Dados das engrenagens do redutor

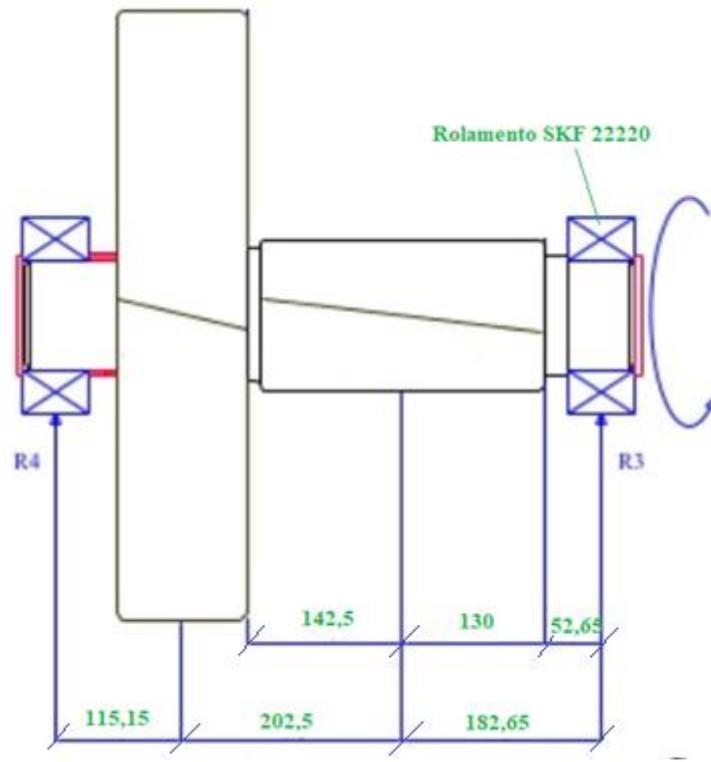
Dados Gerais das Engrenagens					
	Nome	Primeiro Par		Segundo Par	
		Pinhão	Coroa	Pinhão	Coroa
	Tipo de Engrenagem	Engrenagem Helicoidal		Engrenagem Helicoidal	
$P_n$	Diametral Pitch Normal	4,233		3,175	
$\Phi_n$	Ângulo de Pressão Normal	20°		20°	
$\Phi_t$	Ângulo de Pressão Tangencial	20°33'		20°12'	
N	Número de Dentes	16 (LH)	89 (RH)	15 (RH)	78 (LH)
$\psi$	Ângulo de Hélice <sup>(2)</sup>	13°32'10"	13°32'10"	8°21'53"	8°21'53"
d	Diâmetro Primitivo (Pitch Diam.)	3,8875	21,624	4,775	24,831
	Material	A322 (4140)	A576(1045)	A322(4140)	A576(1045)
HB	Dureza Brinell	320°±10°	260°±10°	320°±10°	260°±10°

ATENÇÃO: os valores do passo diametral e do diâmetro primitivo estão em polegadas. Passe para o sistema métrico e determine o módulo em mm.

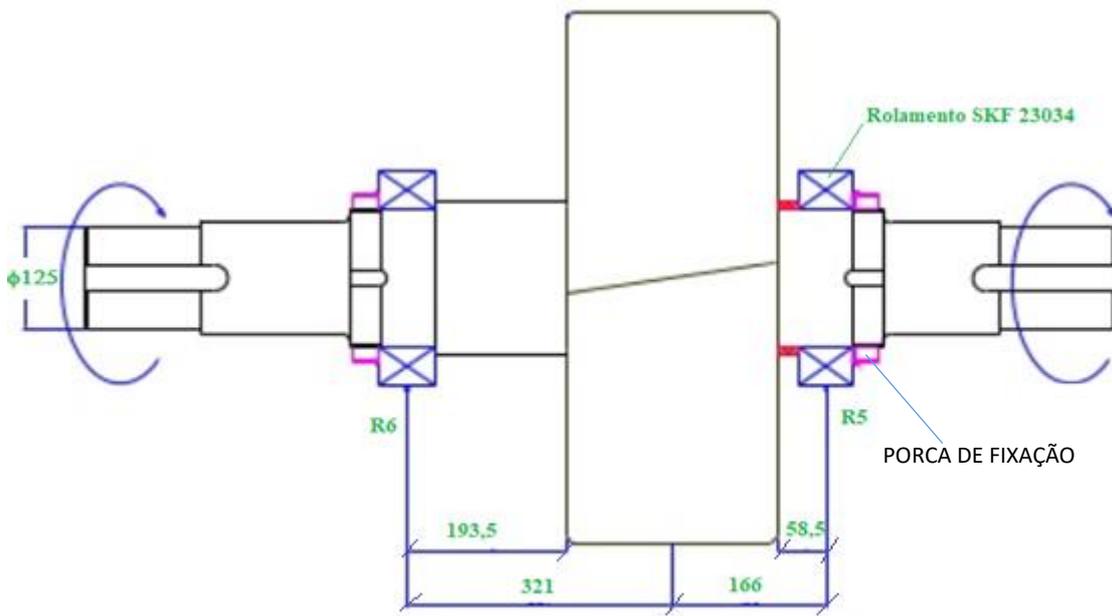
Os eixos de entrada, intermediário e de saída do redutor estão representados esquematicamente na **Figura 3**, **Figura 4** e **Figura 5**, respectivamente.



**Figura 3** – Eixo de entrada do redutor.

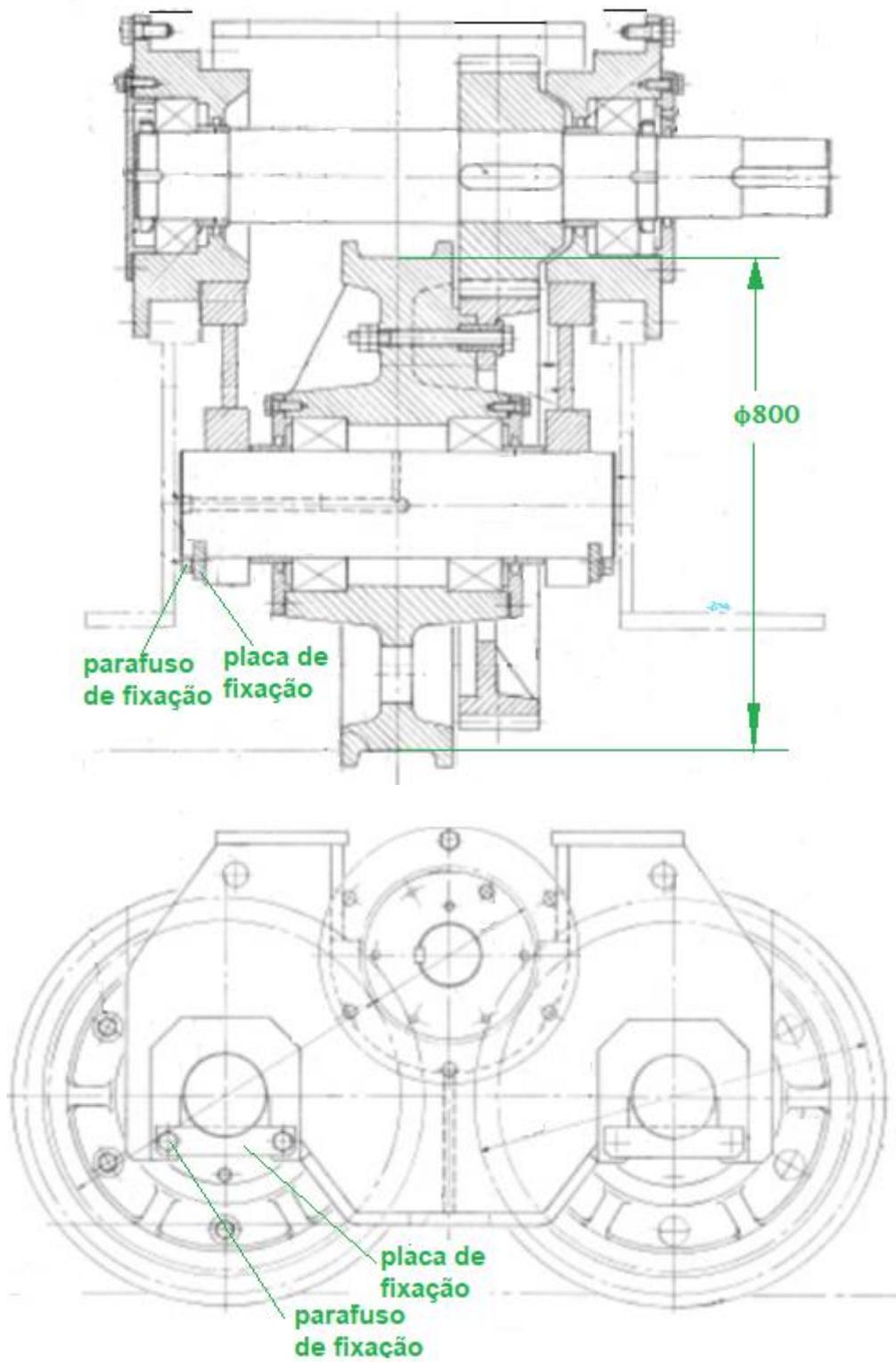


**Figura 4** – Eixo intermediário.



**Figura 5** – Eixo de saída do redutor.

O conjunto das rodas tracionadas está representado na Figura 6



**Figura 6** – Conjunto de rodas motoras com o sistema externo de engrenamento nas rodas.

**Tabela 2** – Dados gerais das engrenagens externas das rodas motoras.

	Pinhão	Engrenagem
Tipo de Dente	Dentes Retos	
Perfil	Módulo Normal	
Forma do Dente	Perfil Envolvente	
Módulo	13	
Ângulo de Pressão	20°	
Número de Dentes	28	
Diâmetro Primitivo		

As rodas são de aço, montadas em rolamentos, sobre trilhos.

Para início do dimensionamento, costuma-se, nessas aplicações, considerar a potência de aceleração de 10% a 20% superior à potência para acelerar as massas em translação, calculada pelos métodos normais da mecânica, para levar em conta a aceleração das massas girantes (engrenagens, polias etc.). Para esse exemplo particular, considere que o valor da potência de aceleração seja menor que a potência em regime de velocidade constante. Dessa forma, não é necessário considerar o tempo de aceleração. Calcule a potência de acionamento conforme a **Equação 1**.

$$H_m = \frac{(Q+W) \times R \times V}{\eta} \quad \text{Equação 1}$$

$H_m$  = potência do motor (W)

$Q$  = capacidade de carga (N)

$W$  = peso próprio do carro, incluindo os conjuntos de rodas (N)

$R$  = resistência ao rolamento

$V$  = velocidade de translação do carro (m/s)

$\eta$  = rendimento (rolamentos, engrenagens, motor, acoplamentos) = 0,70

Considere o peso próprio do carro de 50 toneladas e a carga (250 t) concentrados no centro geométrico dos quatro conjuntos de rodas. Isso facilita o cálculo das reações nas rodas, mas, cuidado, na prática a distribuição da carga entre as rodas pode ser desigual.

Considere a resistência ao rolamento (aproximadamente igual ao atrito de rolamento da roda contra o trilho somado ao atrito do mancal)  $R = 0,025$ . A escolha da potência do motor deve obedecer ao critério de aproximação sempre para maior, de 5 kW em 5 kW, por exemplo, se a potência resultar em 51 kW você deve adotar um motor de 55 kW.

**NOTA:** O dimensionamento deve ser feito conforme critérios gerais de resistência e tensões admissíveis. Nenhuma norma específica precisa ser usada. Dessa forma, os valores encontrados devem ser considerados como

preliminares, servindo apenas de base para refinamentos e especificações ditadas pela NBR8400 que trata de equipamentos de elevação e transporte.

O diâmetro da roda  $d_r$  é 800 mm, definido pela carga em cada roda segundo a NBR8400.

PEDE-SE:

1. Dimensionar o motor de acionamento do mecanismo de translação do carro.
2. Completar a **Tabela 2**.
3. Calcular as forças atuantes e reações nos 3 eixos do redutor e no eixo da roda.
4. Dimensionar os rolamentos dos eixos do redutor (já especificados. **Figuras 3,4 e 5**), do eixo do pinhão da roda e do eixo da roda (**Figura 6**). Os rolamentos do eixo da roda devem ser de rolos cônicos. Considerar a força axial como sendo 10% da força radial devido às forças laterais das abas das rodas sobre os trilhos. Para cálculo da resistência e vida dos rolamentos considere:
  - a. Serviço contínuo;
  - b. Confiabilidade 90%;
  - c. Rolamento fixo (que recebe carga axial) sempre do lado onde a carga radial é menor;
  - d. No eixo intermediário do redutor, com duas engrenagens, monte as engrenagens de modo que a direção dos ângulos de hélice compense a força axial. **Figura 4**.
5. Especifique as porcas de fixação dos rolamentos conforme catálogo SKF, retentores e anéis elásticos, quando houver.
6. Faça um croqui dos eixos, mostrando claramente a fixação axial dos rolamentos e os ajustes no eixo e carcaça ou na roda.
7. Dimensionar os eixos quanto à tensão estática e quanto à fadiga. (Determine as seções críticas).
8. Dimensionar as chavetas.
9. Especificar os acoplamentos. Escolha acoplamentos de engrenagem. A escolha deve-se basear no torque transmitido e no diâmetro do eixo, que já se conhece *a priori*. Use um fator de projeto igual a 2. É possível que o acoplamento seja limitado pelo diâmetro do eixo e não pelo torque. Não mude o diâmetro do eixo se isso ocorrer. Escolha um acoplamento com diâmetro interno maior, mesmo que tenha maior capacidade de carga. Para encontrar fabricantes, baseie sua pesquisa em *Acoplamentos de Engrenagens* ou *Acoplamento 1015G, 1030G, etc.*
10. Dimensionar os parafusos das placas de fixação. Considere que as placas tenham resistência suficiente. Lembre-se de que a força axial é cerca de 10% da força na roda. **Ver Figura 6**.