



## Dados Geométricos dos Pneumáticos

QUADRO 1 - Rodas de diâmetro geométrico de 21"

13" Wheel Size	14" Wheel Size	15" Wheel Size
<a href="#">185/60R13</a> = 21.7x7.3R13	<a href="#">165/55R14</a> = 21.1X6.5R14	<a href="#">115/70R15</a> = 21.3X4.5R15
<a href="#">215/50R13</a> = 21.5X8.5R13		<a href="#">125/70R15</a> = 21.9X4.9R15
<a href="#">225/45R13</a> = 21x8.9R13		<a href="#">165/50R15</a> = 21.5X6.5R15
<a href="#">225/50R13</a> = 21.9x8.9R13		<a href="#">195/45R15</a> = 21.9x7.7R15
<a href="#">255/40R13</a> = 21x10R13		

QUADRO 2 - Rodas de diâmetro geométrico de 22"

13" Wheel Size	14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size
<a href="#">155/80R13</a> = 22.8x6.1R13	<a href="#">135/80R14</a> = 22.5X5.3R14	<a href="#">125/80R15</a> = 22.9X4.9R15	<a href="#">125/70R16</a> = 22.9X4.9R16	<a href="#">22X2.5R17</a>
<a href="#">175/70R13</a> = 22.6x6.9R13	<a href="#">165/65R14</a> = 22.4x6.5R14	<a href="#">145/65R15</a> = 22.4x5.7R15	<a href="#">175/50R16</a> = 22.9x6.9R16	
<a href="#">205/60R13</a> = 22.7x8.1R13	<a href="#">185/55R14</a> = 22x7.3R14	<a href="#">155/60R15</a> = 22.3x6.1R15	<a href="#">195/40R16</a> = 22.1x7.7R16	
<a href="#">22X8R13</a>	<a href="#">185/60R14</a> = 22.7x7.3R14	<a href="#">165/60R15</a> = 22.8x6.5R15	<a href="#">195/45R16</a> = 22.9x7.7R16	
	<a href="#">195/55R14</a> = 22.4x7.7R14	<a href="#">175/55R15</a> = 22.6x6.9R15	<a href="#">205/40R16</a> = 22.5x8.1R16	
	<a href="#">205/50R14</a> = 22.1x8.1R14	<a href="#">195/50R15</a> = 22.7x7.7R15	<a href="#">215/35R16</a> = 21.9x8.5R16	
	<a href="#">205/55R14</a> = 22.9x8.1R14	<a href="#">22X8R15</a>	<a href="#">215/40R16</a> = 22.8x8.5R16	
	<a href="#">225/50R14</a> = 22.9x8.9R14	<a href="#">22.5X4.5R15</a>		
		<a href="#">245/40R15</a> = 22.7X9.6R15		
		<a href="#">275/35R15</a> = 22.6x10.8R15		

QUADRO 3 - Rodas de diâmetro geométrico de 23”

13" Wheel Size	14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size
<a href="#">165/80R13</a> = 23.4X6.5R13	<a href="#">175/65R14</a> = 23x6.9R14	<a href="#">135/80R15</a> = 23.5X5.3R15	<a href="#">125/80R16</a> = 23.9X4.9R16	<a href="#">125/70R17</a> = 23.9X4.9R17	<a href="#">215/35R18</a> = 23.9x8.5R18
<a href="#">185/70R13</a> = 23.2x7.3R13	<a href="#">175/70R14</a> = 23.6x6.9R14	<a href="#">165/65R15</a> = 23.4X6.5R15	<a href="#">135/70R16</a> = 23.4X5.3R16	<a href="#">195/40R17</a> = 23.1x7.7R17	
	<a href="#">185/65R14</a> = 23.5x7.3R14	<a href="#">175/60R15</a> = 23.3x6.9R15	<a href="#">175/55R16</a> = 23.6x6.9R16	<a href="#">195/45R17</a> = 23.9x7.7R17	
	<a href="#">195/60R14</a> = 23.2x7.7R14	<a href="#">185/55R15</a> = 23x7.3R15	<a href="#">185/50R16</a> = 23.3X7.3R16	<a href="#">205/40R17</a> = 23.5x8.1R17	
	<a href="#">205/60R14</a> = 23.7x8.1R14	<a href="#">185/60R15</a> = 23.7x7.3R15	<a href="#">195/50R16</a> = 23.7x7.7R16	<a href="#">215/35R17</a> = 22.9x8.5R17	
		<a href="#">195/55R15</a> = 23.4x7.7R15	<a href="#">205/45R16</a> = 23.3x8.1R16	<a href="#">215/40R17</a> = 23.8x8.5R17	
		<a href="#">205/50R15</a> = 23.1x8.1R15	<a href="#">215/45R16</a> = 23.6x8.5R16	<a href="#">225/35R17</a> = 23.2x8.9R17	
		<a href="#">205/55R15</a> = 23.9x8.1R15		<a href="#">245/35R17</a> = 23.8x9.6R17	
		<a href="#">225/45R15</a> = 23x8.9R15			
		<a href="#">225/50R15</a> = 23.9x8.9R15			
		<a href="#">295/35R15</a> = 23.1X11.6R15			

QUADRO 4 - Rodas de diâmetro geométrico de 24”

13" Wheel Size	14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size
<a href="#">175/80R13</a> = 24x6.9R13	<a href="#">185/70R14</a> = 24.2x7.3R14	<a href="#">135/90R15</a> = 24.6X5.3R15	<a href="#">125/85R16</a> = 24.4X4.9R16	<a href="#">125/80R17</a> = 24.9X4.9R17	<a href="#">125/70R18</a> = 24.9X4.9R18	<a href="#">215/35R19</a> = 24.9x8.5R19
<a href="#">185/80R13</a> = 24.7x7.3R13	<a href="#">185/75R14</a> = 24.9X7.3R14	<a href="#">155/80R15</a> = 24.8X6.1R15	<a href="#">125/90R16</a> = 24.9X4.9R16	<a href="#">135/70R17</a> = 24.4X5.3R17	<a href="#">205/40R18</a> = 24.5x8.1R18	<a href="#">235/30R19</a> = 24.6x9.3R19
<a href="#">24.5X8R13</a>	<a href="#">195/65R14</a> = 24x7.7R14	<a href="#">175/65R15</a> = 24x6.9R15	<a href="#">135/80R16</a> = 24.5X5.3R16	<a href="#">205/45R17</a> = 24.3x8.1R17	<a href="#">215/40R18</a> = 24.8x8.5R18	<a href="#">245/30R19</a> = 24.8x9.6R19
<a href="#">24.5X9R13</a>	<a href="#">195/70R14</a> = 24.7x7.7R14	<a href="#">185/65R15</a> = 24.5x7.3R15	<a href="#">175/60R16</a> = 24.3x6.9R16	<a href="#">215/45R17</a> = 24.6x8.5R17	<a href="#">225/35R18</a> = 24.2x8.9R18	<a href="#">295/25R19</a> = 24.8X11.6R19
	<a href="#">215/60R14</a> = 24.2x8.5R14	<a href="#">195/60R15</a> = 24.2x7.7R15	<a href="#">185/55R16</a> = 24x7.3R16	<a href="#">225/40R17</a> = 24.1x8.9R17	<a href="#">235/35R18</a> = 24.5x9.3R18	
	<a href="#">225/60R14</a> = 24.6x8.9R14	<a href="#">205/60R15</a> = 24.7x8.1R15	<a href="#">185/60R16</a> = 24.7X7.3R16	<a href="#">235/40R17</a> = 24.4x9.3R17	<a href="#">245/35R18</a> = 24.8x9.6R18	

13" Wheel Size	14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size
		<a href="#">225/55R15</a> =	<a href="#">195/55R16</a> =	<a href="#">245/40R17</a> =	<a href="#">285/30R18</a> =	
		24.7x8.9R15	24.4x7.7R16	24.7x9.6R17	24.7x11.2R18	
		<a href="#">235/50R15</a> =	<a href="#">205/50R16</a> =	<a href="#">275/35R17</a> =		
		24.3x9.3R15	24.1x8.1R16	24.6x10.8R17		
		<a href="#">24X4.5R15</a>	<a href="#">205/55R16</a> =			
			24.9x8.1R16			
		<a href="#">24X5R15</a>	<a href="#">215/50R16</a> =			
			24.5X8.5R16			
		<a href="#">24.5X8R15</a>	<a href="#">225/45R16</a> =			
			24x8.9R16			
		<a href="#">245/50R15</a> =	<a href="#">225/50R16</a> =			
		24.6x9.6R15	24.9x8.9R16			
		<a href="#">345/35R15</a> =	<a href="#">245/45R16</a> =			
		24.5x13.6R15	24.7x9.6R16			

## QUADRO 5 - Rodas de diâmetro geométrico de 25"

14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size	20" Wheel Size
<a href="#">185R14</a> =	<a href="#">165/80R15</a> =	<a href="#">135/90R16</a> =	<a href="#">115/95R17</a> =	<a href="#">135/70R18</a> =	<a href="#">115/70R19</a> =	<a href="#">215/30R20</a> =
25.7x7.3R14	25.4X6.5R15	25.6X5.3R16	25.6X4.5R17	25.4X5.3R18	25.3X4.5R19	25.1X8.5R20
<a href="#">195/75R14</a> =	<a href="#">185/70R15</a> =	<a href="#">145/80R16</a> =	<a href="#">135/80R17</a> =	<a href="#">155/60R18</a> =	<a href="#">125/70R19</a> =	<a href="#">225/30R20</a> =
25.5x7.7R14	25.2x7.3R15	25.1X5.7R16	25.5X5.3R17	25.3X6.1R18	25.9X4.9R19	25.3x8.9R20
<a href="#">205/70R14</a> =	<a href="#">195/65R15</a> =	<a href="#">195/60R16</a> =	<a href="#">145/70R17</a> =	<a href="#">215/45R18</a> =	<a href="#">225/35R19</a> =	<a href="#">235/30R20</a> =
25.3x8.1R14	25x7.7R15	25.2x7.7R16	25X5.7R17	25.6x8.5R18	25.2x8.9R19	25.6x9.3R20
<a href="#">215/70R14</a> =	<a href="#">195/70R15</a> =	<a href="#">205/60R16</a> =	<a href="#">155/70R17</a> =	<a href="#">225/40R18</a> =	<a href="#">235/35R19</a> =	<a href="#">245/30R20</a> =
25.9x8.5R14	25.7x7.7R15	25.7x8.1R16	25.5X6.1R17	25.1x8.9R18	25.5x9.3R19	25.8x9.6R20
<a href="#">235/60R14</a> =	<a href="#">205/65R15</a> =	<a href="#">215/55R16</a> =	<a href="#">205/50R17</a> =	<a href="#">235/40R18</a> =	<a href="#">245/35R19</a> =	<a href="#">275/25R20</a> =
25.1x9.3R14	25.5x8.1R15	25.3x8.5R16	25.1x8.1R17	25.4x9.3R18	25.8x9.6R19	25.4X10.8R20
<a href="#">245/60R14</a> =	<a href="#">215/60R15</a> =	<a href="#">225/55R16</a> =	<a href="#">205/55R17</a> =	<a href="#">245/40R18</a> =	<a href="#">255/30R19</a> =	<a href="#">285/25R20</a> =
25.6x9.6R14	25.2x8.5R15	25.7x8.9R16	25.9x8.1R17	25.7x9.6R18	25x10R19	25.6x11.2R20
	<a href="#">225/60R15</a> =	<a href="#">245/50R16</a> =	<a href="#">215/50R17</a> =	<a href="#">255/35R18</a> =	<a href="#">265/30R19</a> =	<a href="#">295/25R20</a> =
	25.6x8.9R15	25.6x9.6R16	25.5X8.5R17	25x10R18	25.3x10.4R19	25.8x11.6R20
	<a href="#">265/50R15</a> =	<a href="#">265/45R16</a> =	<a href="#">225/45R17</a> =	<a href="#">265/35R18</a> =	<a href="#">275/30R19</a> =	
	25.4X10.4R15	25.4X10.4R16	25x8.9R17	25.3x10.4R18	25.5x10.8R19	
	<a href="#">275/50R15</a> =	<a href="#">275/45R16</a> =	<a href="#">225/50R17</a> =	<a href="#">275/35R18</a> =	<a href="#">285/30R19</a> =	
	25.8x10.8R15	25.7x10.8R16	25.9x8.9R17	25.6x10.8R18	25.7x11.2R19	
		<a href="#">315/40R16</a> =	<a href="#">235/45R17</a> =	<a href="#">285/35R18</a> =	<a href="#">315/25R19</a> =	
		25.9X12.4R16	25.3x9.3R17	25.9x11.2R18	25.2x12.4R19	

**SMM0157 - Mecânica dos Autoveículos**

14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size	20" Wheel Size
		<a href="#">24.5X8R15</a>	<a href="#">245/45R17</a> =	<a href="#">295/30R18</a> =		
			25.7x9.6R17	25x11.6R18		
		<a href="#">245/50R15</a> =	<a href="#">255/40R17</a> =	<a href="#">305/30R18</a> =		
		24.6x9.6R15	25x10R17	25.2x12R18		
		<a href="#">345/35R15</a> =	<a href="#">265/40R17</a> =	<a href="#">315/30R18</a> =		
		24.5x13.6R15	25.3x10.4R17	25.4x12.4R18		
			<a href="#">275/40R17</a> =	<a href="#">335/30R18</a> =		
			25.7x10.8R17	25.9x13.2R18		
			<a href="#">295/35R17</a> =			
			25.1x11.6R17			
			<a href="#">315/35R17</a> =			
			25.7x12.4R17			

**QUADRO 6 - Rodas de diâmetro geométrico de 26"**

14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size	20" Wheel Size	21" Wheel Size
<a href="#">195R14</a> =	<a href="#">205/70R15</a> =	<a href="#">145/90R16</a> =	<a href="#">135/90R17</a> =	<a href="#">135/80R18</a> =	<a href="#">135/70R19</a> =	<a href="#">145/60R20</a> =	<a href="#">245/30R21</a> =
26.2x7.8R14	26.3x8.1R15	26.3X5.7R16	26.6X5.3R17	26.5X5.3R18	26.4X5.3R19	26.9X5.7R20	26.8x9.6R21
<a href="#">205/75R14</a> =	<a href="#">215/65R15</a> =	<a href="#">145/90R16</a> =	<a href="#">145/80R17</a> =	<a href="#">145/70R18</a> =	<a href="#">225/40R19</a> =	<a href="#">225/35R20</a> =	<a href="#">295/25R21</a> =
26.1x8.1R14	26x8.5R15	26.3X5.7R16	26.1X5.7R17	26X5.7R18	26.1x8.9R19	26.2x8.9R20	26.8x11.6R21
<a href="#">215/75R14</a> =	<a href="#">215/70R15</a> =	<a href="#">195/65R16</a> =	<a href="#">155/80R17</a> =	<a href="#">215/50R18</a> =	<a href="#">235/40R19</a> =	<a href="#">235/35R20</a> =	
26.7x8.5R14	26.9x8.5R15	26X7.7R16	26.8X6.1R17	26.5X8.5R18	26.4x9.3R19	26.5x9.3R20	
<a href="#">225/70R14</a> =	<a href="#">235/60R15</a> =	<a href="#">205/65R16</a> =	<a href="#">215/55R17</a> =	<a href="#">225/45R18</a> =	<a href="#">245/40R19</a> =	<a href="#">245/35R20</a> =	
26.4x8.9R14	26.1x9.3R15	26.5x8.1R16	26.3x8.5R17	26x8.9R18	26.7x9.6R19	26.8x9.6R20	
<a href="#">26X8.5R14</a>	<a href="#">245/60R15</a> =	<a href="#">215/60R16</a> =	<a href="#">225/55R17</a> =	<a href="#">225/50R18</a> =	<a href="#">255/35R19</a> =	<a href="#">255/30R20</a> =	
	26.6x9.6R15	26.2x8.5R16	26.7x8.9R17	26.9x8.9R18	26x10R19	26x10R20	
	<a href="#">26X10R15</a>	<a href="#">225/60R16</a> =	<a href="#">235/50R17</a> =	<a href="#">235/45R18</a> =	<a href="#">265/35R19</a> =	<a href="#">265/30R20</a> =	
		26.6x8.9R16	26.3x9.3R17	26.3x9.3R18	26.3x10.4R19	26.3x10.4R20	
	<a href="#">26X10.5R15</a>	<a href="#">235/55R16</a> =	<a href="#">245/50R17</a> =	<a href="#">245/45R18</a> =	<a href="#">275/35R19</a> =	<a href="#">275/30R20</a> =	
		26.2x9.3R16	26.6x9.6R17	26.7x9.6R18	26.6x10.8R19	26.5x10.8R20	
	<a href="#">26X11.5R15</a>	<a href="#">255/50R16</a> =	<a href="#">255/45R17</a> =	<a href="#">255/40R18</a> =	<a href="#">285/35R19</a> =	<a href="#">285/30R20</a> =	
		26x10R16	26x10R17	26x10R18	26.9x11.2R19	26.7x11.2R20	
	<a href="#">26X6R15</a>	<a href="#">26X11.5R16</a>	<a href="#">26X11.5R17</a>	<a href="#">26X12R18</a>	<a href="#">295/30R19</a> =	<a href="#">305/25R20</a> =	
					26x11.6R19	26x12R20	
	<a href="#">26X7.5R15</a>	<a href="#">24X5R15</a>	<a href="#">285/40R17</a> =	<a href="#">265/40R18</a> =	<a href="#">305/30R19</a> =	<a href="#">315/25R20</a> =	
			26x11.2R17	26.3x10.4R18	26.2x12R19	26.2x12.4R20	
	<a href="#">26X8R15</a>	<a href="#">24.5X8R15</a>	<a href="#">295/40R17</a> =	<a href="#">275/40R18</a> =	<a href="#">315/30R19</a> =	<a href="#">325/25R20</a> =	
			26.3x11.6R17	26.7x10.8R18	26.4x12.4R19	26.4x12.8R20	
	<a href="#">26X8.5R15</a>	<a href="#">245/50R15</a> =	<a href="#">335/35R17</a> =	<a href="#">295/35R18</a> =	<a href="#">325/30R19</a> =	<a href="#">335/25R20</a> =	
		24.6x9.6R15	26.2x13.2R17	26.1x11.6R18	26.7x12.8R19	26.6x13.2R20	

14" Wheel Size	15" Wheel Size	16" Wheel Size	17" Wheel Size	18" Wheel Size	19" Wheel Size	20" Wheel Size	21" Wheel Size
	<a href="#">295/50R15</a> =	<a href="#">345/35R15</a> =	<a href="#">245/45R16</a> =	<a href="#">305/35R18</a> =	<a href="#">335/30R19</a> =	<a href="#">345/25R20</a> =	
	26.6x11.6R15	24.5x13.6R15	24.7x9.6R16	26.4x12R18	26.9x13.2R19	26.8x13.6R20	
				<a href="#">315/35R18</a> =			
				26.7x12.4R18			
				<a href="#">345/30R18</a> =			
				26.1x13.6R18			

## Tópico 1 - Inércia Linear

1 - Um veículo automotor pesa 3.000lbs (1.361 kg). A 4000 rpm, seu motor desenvolve 50 HP (37,3 kW). A eficiência da transmissão é de 85% quando a relação de transmissão do motor para as rodas é 5,4:1. O diâmetro efetivo das rodas é 26 in<sup>1</sup> (0,660 m). Desprezando quaisquer resistências ao movimento, determine a aceleração do carro sobre uma pista perfeitamente plana na condição de funcionamento do motor fornecida.

### **solução:**

Sendo a roda de 26 in, – por exemplo: [205/75R14](#) = 26.1x8.1R14 – o seu aro é 14 in e portanto, o perfil do pneu está entre 65 e 75% e assim, o fator  $k_h = 0,9$ .

$$r_{Din} = \frac{D}{2} k_h \Rightarrow r_{Din} = \frac{0,663}{2} \cdot 0,90 = 0,298 \quad [\text{m}]$$

A velocidade angular do motor é:

$$\omega_e = \text{RPM} \frac{\pi}{30} \Rightarrow \omega_e = 4.000 \frac{\pi}{30} \cong 418,9 \quad \left[ \frac{\text{rd}}{\text{s}} \right]$$

A velocidade angular das rodas, com o motor a 4.000 rpm é:

$$\omega_w = \frac{\omega_e}{\xi_r} \Rightarrow \omega_w = \frac{\left( 4.000 \frac{\pi}{30} \right)}{5,4} \cong 77,57 \quad \left[ \frac{\text{rd}}{\text{s}} \right]$$

A potência do motor é 37,3 kW, mas nas rodas chegam 85%

$$P_w = P_e \cdot \eta_t \Rightarrow P_w = 37,3 \cdot 0,85 \cong 31,71 \quad [\text{kW}]$$

O torque nas rodas é

$$P_w = T_w \cdot \omega_w \Rightarrow 31,71 \cdot 10^3 = T_w \cdot 77,57 \cong 408,79 \quad [\text{N}\cdot\text{m}]$$

A força de tração nas rodas e, conseqüentemente sobre o veículo, é:

### **<sup>1</sup> 14" Wheel Size**

$$\a href="#">205/75R14 = 26.1x8.1R14$$

$$\a href="#">215/75R14 = 26.7x8.5R14$$

$$\a href="#">225/70R14 = 26.4x8.9R14$$

$$T_w = F_w \cdot r_{din} \Rightarrow 408,79 = F_w \cdot 0,298 \Rightarrow F_w \cong 1.371,8 \quad [\text{N}]$$

Aplicando o Princípio de D'Lambert:

$$F_w - R_m^{0-} - R_r^{0-} - R_a^{0-} - R_g^{0-} - \frac{W}{g} \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

$$T_w = m \cdot a_x \Rightarrow 1.371,18 = 1.361 \cdot a_x \Rightarrow a_w \cong 1,0 \quad \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

2 - Para um veículo automotor típico, a resistência ao rolamento é dada pela expressão  $R_r = 35 + 0,25v$  e a resistência do ar é dada pela expressão  $R_a = 0,048v^2$ , sendo  $[R_a] = [R_r] = \text{lb}$ ,  $[v] = \text{mph}$ . Se a eficiência da transmissão for 88%, calcule a potência necessária para o veículo andar a 90 mph (144,8 km/h). Assumindo que o torque do motor a 30 mph (48,3 km/h) na marcha mais alta (*top gear*, não é a 1a. marcha) é 25% maior que aquele a 90% e que a inércia do veículo corresponde a um peso de 4.500 lbs (2.041,17 kg), calcule a aceleração em  $\text{m/s}^2$  a 30 mph (48,3 km/h).

**solução:**

A uma velocidade de 90 mph (144,8 km/h), a força de resistência ao rolamento dos pneus é:

$$R_r = \left( 35 + 0,25 \cdot \frac{v}{\underbrace{1,609}_{\text{km/h} \rightarrow \text{mph}}} \right) \cdot \underbrace{4,44822}_{\text{lb} \rightarrow \text{N}} \Rightarrow R_r = 255,77 \quad [\text{N}]$$

Enquanto que a força de resistência aerodinâmica é:

$$R_a = \left[ 0,048 \cdot \left( \frac{v}{\underbrace{1,609}_{\text{km/h} \rightarrow \text{mph}}} \right)^2 \right] \cdot \underbrace{4,44822}_{\text{lb} \rightarrow \text{N}} \Rightarrow R_a \cong 1729,47 \quad [\text{N}]$$

A velocidade do veículo em  $[\text{m/s}]$  é:

$$v_x = v_{\text{mph}} \cdot \frac{\underbrace{1,60934}_{\text{mph} \rightarrow \text{km/h}}}{\underbrace{3,6}_{\text{m/s} \rightarrow \text{km/h}}} \Rightarrow v_x = 90 \cdot \underbrace{0,44704}_{\text{mph} \rightarrow \text{m/s}} \cong 40,23 \quad \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

A taxa de trabalho usado para vencer as resistências ao movimento (potência dissipada pelas forças de resistência ao movimento):

$$P_{diss} = \sum R_i \cdot v_x \Rightarrow P_{diss} = 1.986,13 \cdot 40,23 \cdot \underbrace{10^{-3}}_{\text{W} \rightarrow \text{kW}} \cong 79,90 \quad [\text{kW}]$$

Considerando que a velocidade do veículo se encontra em regime permanente (constante), então a potência dissipada na roda se iguala à entregue lá pelo motor. Considerando, ainda, que a eficiência da transmissão é de 88% (dado):

$$P_{diss} = P_e \cdot \eta_t \Rightarrow 79,90 = P_e \cdot 0,88 \Rightarrow P_e \cong 90,80 \quad [\text{kW}]$$

Sabendo que a tração a 30 mph (48,3 km/h) é 25% superior à tração a 90 mph (144,8 km/h) – assumindo que a eficiência da transmissão se mantém constante:

$$F_{x_{30}} = 1,25 \cdot F_{x_{90}} \Rightarrow F_{x_{30}} = 1,25 \cdot 1.986,13 = 2.482,66 \quad [\text{N}]$$

A uma velocidade de 30 mph (48,3 km/h), a força de resistência ao rolamento dos pneus é:

$$R_r = \left( 35 + 0,25 \cdot \frac{v}{\underbrace{1,609}_{\text{km/h} \rightarrow \text{mph}}} \right) \cdot \underbrace{4,44822}_{\text{lbf} \rightarrow \text{N}} \Rightarrow R_r = 189,05 \quad [\text{N}]$$

Enquanto que a força de resistência aerodinâmica é:

$$R_a = \left[ 0,048 \cdot \left( \frac{v}{\underbrace{1,609}_{\text{km/h} \rightarrow \text{mph}}} \right)^2 \right] \cdot \underbrace{4,44822}_{\text{lbf} \rightarrow \text{N}} \Rightarrow R_a \cong 192,16 \quad [\text{N}]$$

Aplicando o Princípio de D’Lambert:

$$F_x - \cancel{R_m^0} - R_r - R_a - \cancel{R_g^0} - \frac{W}{g} \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

$$2482,66 - 189,05 - 192,16 - 2.041,2 \cdot a_x = 0$$

$$a_x = 1,03 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3 - Um carro pesando 3.000 lbs (1.360,78 kg) possui, quando rodando numa pista nivelada uma resistência ao rolamento dada por  $R_r = a + bv^2$  [lbf], em que:  $a = 60$  lbf (266,9 N),  $b =$  constante e  $[v] =$  mph. Também sabe-se que o carro, estando nivelado, mantém-se a uma velocidade de 80 mph (128,7 km/h), com uma potência efetiva de 50 HP (37,3 kW). Encontre:

a) o valor da constante  $b$ ;

b) o quanto o veículo rodará sobre uma pista inclinada (rampa) de 1:10 antes da velocidade cair para 40 mph (64,4 km/h), assumindo que ele estava a rodar a 80 mph (128,7 km/h quando ele pegou a rampa e que o carro conseguiu manter o torque do motor em regime constante.

### **solução problema 3:**

#### **parte i:**

O veículo rodando num piso horizontal a uma velocidade de 80 mph (128,7 km/h) necessita de 50 HP (37,28 kW) para se manter nesta velocidade. Isso significa que o que o motor está produzindo na roda, está sendo dissipado pela ação das forças de resistência ao movimento.

Aplicando o Princípio de D'Lambert e desenvolvendo:

$$F_x - \sum R_i - \frac{W}{g} a_x = 0$$

$$F_x = R$$

$$F_x \cdot v_x = R \cdot v_x$$

$$P_x = R \cdot v_x$$

$$R = \frac{P_x}{v_x} = \frac{37,28 \cdot \overbrace{10^3}^{kW \rightarrow W}}{128,7 \cdot \underbrace{3,6}_{m/s \rightarrow km/h}} \Rightarrow R \cong 1.042,55 \text{ [N]}$$

A uma velocidade de 80 mph (128,7 km/h), a força de resistência ao movimento é:

$$R = \left[ 60 + b \cdot \left( \frac{v}{\underbrace{1,609}_{km/h \rightarrow mph}} \right)^2 \right] \cdot \underbrace{4,44822}_{lbf \rightarrow N} \Rightarrow 1.042,55 = [60 + b \cdot 6.400] \cdot \underbrace{4,44822}_{lbf \rightarrow N}$$

$$60 + b \cdot 6.400 = \frac{1.049,06}{4,44822} = 234,73 \text{ [lbf]}$$

$$b = \frac{235,84 - 60}{6.400} \Rightarrow \underline{b \cong 0,0272}$$

**parte ii:**

Quando o veículo sobe uma rampa, sua velocidade cai, porém não a uma taxa constante, uma vez que as forças de resistência ao movimento variam com a velocidade.

Vamos calcular a resultante das orças de resistência ao movimento:

$$\sum R_i = R + \frac{W}{g} \text{sen}(\theta)$$

$$\sum R_i \cong \left[ 60 + 0,0272 \cdot \left( \frac{\underbrace{2,2369}_{m/s \rightarrow mph} \cdot v_x}{1} \right)^2 \right] \cdot \underbrace{4,44822}_{lbf \rightarrow N} + 1.360,78 \cdot 9,807 \cdot \left( \frac{1}{10} \right)$$

$$\sum R_i \cong 1.601,36 + 0,6054 \cdot v_x^2$$

Aplicando o Princípio de D'Lambert e desenvolvendo:



$$F_x - \sum R_i - \frac{W}{g} \cdot a_x = 0$$

$$1.042,55 - 1.601,36 - 0,6054 \cdot v_x^2 - 1.360,78 \cdot \frac{dv_x}{dt} = 0$$

$$1.360,78 \cdot \frac{dv_x}{dt} = -555,81 - 0,654 \cdot v_x^2$$

$$\frac{dv_x}{dt} \cong -0,4107 - 4,45 \cdot 10^{-4} \cdot v_x^2$$

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{dv_x}{ds} \frac{ds}{dt} \equiv v_x \frac{dv}{ds} = -(0,4107 + 4,45 \cdot 10^{-4} \cdot v_x^2)$$

$$\frac{-v_x}{0,4107 + 4,45 \cdot 10^{-4} \cdot v_x^2} \frac{dv}{ds} = 1$$

Reescrevendo a fórmula anterior para a forma de uma integral conhecida:

$$\int \frac{x}{a+x^2} dx = \frac{1}{2} \ln(a+v_x^2) + cte$$

Deste modo:

$$ds = \frac{-2.247,71 \cdot v_x}{923,13 + v_x^2} dv_x$$

$$s = - \int_{v_x=35,76}^{v_x=17,88} \frac{-2.247,71 \cdot v_x}{923,13 + v_x^2} dv_x$$

$$s = - \frac{2.247,71}{2} \ln(923,13 + v_x^2) \Big|_{v_x=35,76}^{v_x=17,88}$$

$$s = \frac{2.247,71}{2} \ln \left( \frac{923,13 + 35,76^2}{923,13 + 17,88^2} \right) = 1123,86 \cdot 0,5719$$

$$\underline{s \cong 642,77 \quad [m]}$$

4 - Um autoveículo, pesando 2.900 lbf (12.899,8 N), é equipado com um motor que desenvolve 38 HP (28,3 kW) a 2.000 rpm. A razão de transmissão na maior marcha (*top gear*) é de 4,8:1 com um diâmetro efetivo da roda de 26 in e a eficiência da transmissão de 88% a 2.000 rpm. A resistência ao rolamento é de 30 lbf/ton (133,45 N/T) de peso e a resistência devido ao vento [lbf] é igual é  $0,05 \cdot v^2$ , em que  $v$  é a velocidade longitudinal [mph]. A inércia do carro incluindo motor, transmissão e rodas do carro pode ser assumida igual a um peso de 4.000 lbf (17.792,9 kg). A partir desses dados, calcule:

- a) a velocidade longitudinal do carro com o motor a 2.000 rpm;
- b) a potência disponível para subir rampa nessa velocidade;
- c) a aceleração máxima possível nessa velocidade.

5 - Um veículo motorizado, com peso total de 2.500 lbf (11.120,55 N), possui rodas com diâmetro efetivo de 20 in (50,8 cm) e atinge uma velocidade máxima de 75 mph (120,7

km/h), a nível do mar a 3.600 rpm. A resistência ao rolamento  $R_r = 42 \text{ lb/ton}$  (19,1kg/T), e a resistência da ar  $R_a = 0,05 \cdot v^2$  [lbf] em que  $[v] = \text{mph}$ . Calcule:

a) a relação de marcha mais alta (top gear) assumindo que a eficiência da transmissão é de 90%;

b) a potência fornecida pelo motor nas condições do item a);

Se o motor desenvolver um torque de 130 lb-ft (176,3 N-m) a 1.880 rpm, encontre o máximo gradiente que carro poderá subir, nestas condições, estando em top gear.

6 - Um carro pesa 2.800 lbs (1.270 kg) e seu motor desenvolve 52 HP (38,8 kW) a 4200 rpm. A eficiência da transmissão é de 92% em top gear de 4,7:1 e 85% na segunda marcha de 7,7:1. A performance é tal que ele alcança 70 mph (112,7 km/h) a 4.200 rpm, em WOT (acelerador no máximo) quando rodando a nível de mar e sobe uma rampa de 1:12 na mesma rotação do motor estando em 2a. marcha. A somatória das resistências ao movimento [lbf] é dada pela fórmula na forma de  $R = A + Bv^2$ . Calcule os valores de A e B quando  $[R] = \text{lbf}$  e  $[v] = \text{mph}$  e, ainda, deduza qual a potência necessária para manter velocidade de cruzeiro de 30 mph (48,3 km/h) nivelado em top gear.

7 - Para um veículo automotor típico a força resistência ao rolamento é dada pela expressão:  $R_r = 40 + 0,22v$  e a força de resistência aerodinâmica é dada por:  $R_a = 0,06v^2$ , sendo  $[R_r] = [R_a] = \text{lbf}$  e  $[v] = \text{mph}$ . Considerando que a potência de no motor, correspondendo à velocidade do veículo a 30 mph (48,3 km/h), é de 34 HP (25,4 kW), que a eficiência da transmissão é de 84% e que a inércia do veículo corresponde a um peso de 2.800 lbs (1.270 kg), calcule a aceleração máxima possível, em  $\text{ft/sec}^2$ , quando rodando em pista nivelada nestas condições.

8 - Um autoveículo, pesando 2.800 lbs (1.270 kg), numa pista nivelada, pode viajar a 100 mph (160,9 km/h) com o motor com a borboleta do acelerador toda aberta (WOT) desenvolvendo 100 HP (74,6 kW). A resistência aerodinâmica e o arrasto variam com o quadrado da velocidade do carro na pista. Assumindo que o torque do motor permaneça constante, determine o tempo necessário para que a velocidade do veículo em WOT cresça de 45 a 75 mph (72,4 a 120,7 km/h) numa rampa de 1:20.