

**VEÍCULOS DE TRACÇÃO ANIMAL: FORÇAS E VARIÁVEIS ENVOLVIDAS****ANIMAL TRACTION VEHICLES: FORCES AND VARIABLES INVOLVED****VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL: FUERZAS Y VARIABLES INVOLUCRADAS**

Bárbara Goloubeff<sup>1</sup>  
Sinthya Gonçalves Tavares<sup>2</sup>

Recebido em: 19 out. 2021;  
Aprovado em: 02 dez. 2021.

**RESUMO**

Veículos sobre rodas existem desde os tempos pré-históricos e são citados em fontes antigas como sendo objetos amplamente conhecidos. Em tempos mais atuais, a aplicação de conceitos físicos para a determinação dos esforços produzidos na tração e a conversão e quantificação matemática destes esforços permite avaliar as reais possibilidades de uso da tração animal. Estar ciente dos fenômenos que causam o movimento da carroça na via apenas é possível ser analisado em conjunto com as condições de construção da via, do cavalo e da própria carroça. Por sua vez, a resistência da carroça ao movimento é proporcional ao peso da própria carroça em conjunto ao peso da carga e/ou passageiro. A resistência ao movimento da carroça pode ser representada pela somatória do atrito interno, entre o eixo e os raios das rodas, e do atrito externo, entre os pneus e o solo da estrada. Esta resistência oferecida à força de tração do cavalo depende das características do solo, do volume da carga transportada e da construção da carroça. A capacidade de tração de um animal aumenta com seu peso. Como regra, se aceita que um animal pode exercer uma tração constante em uma carga que corresponda a, aproximadamente, um décimo (10%) de seu peso corporal. Testes mostraram que cavalos de sela, tem essa capacidade reduzida em 25%. Para raças equinas de tração, se considera uma carga de trabalho normal àquela que não ultrapasse 12 a 15% do seu peso vivo. Em terrenos acidentados esta conversão deve ser reduzida em 1%, para compensar o esforço extra. Para raças impróprias para tração, estes valores devem ser reduzidos para 9-10% do peso vivo. Uma vez atrelados, o peso do animal deve ser multiplicado pelo inverso da grandeza de tração, que se refere ao atrito com o solo. O resultado fornece o valor da carga total passível de ser tracionada. O clima tropical reduz o número de horas de trabalho dos animais, assim como reduz a intensidade esperada. A carroça de duas rodas, usualmente utilizada no Brasil é uma tecnologia extremamente antiga; porém, requer perícia na condução e manutenção apropriada, um ofício praticamente extinto. O mesmo se refere aos cavalos, geralmente mestiços ou mesmo animais de esportes equestres descartados, por doença ou velhice. Tal situação os leva a uma subvida, intensa dor física e psíquica.

**Palavras-chave:** *carroça, vetores de tração, tração equina urbana*

**ABSTRACT**

Wheeled vehicles exist since prehistoric times and they are cited in ancient sources as being widely known objects. In more current times, the application of physical concepts in determining the efforts produced in traction and its conversion and mathematical quantification allows evaluating the real possibilities of using animal traction. Being aware of the phenomena that cause the wain movement on the road is only possible to be analyzed in conjunction with the construction conditions of the road, the horse and the cart itself. In turn, the resistance of the cart to movement is proportional to the weight of the cart itself together with the weight of the load and/or passenger. The cart movement resistance can be represented by the sum of the internal friction, between the axle and the wheels spokes, and the

---

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

external friction, between the tires and the road surface. This resistance offered to the horse's tractive force depends on the ground characteristics, the volume of the transported load and the construction of the cart. The animal traction ability increases with its weight. As a rule, it is assumed that an animal can exert constant traction on a load that corresponds to approximately one tenth (10%) of its body weight. Tests have shown that saddle horses have this capacity reduced by 25%. For horse draft breeds, a normal workload is considered to be one that does not exceed 12 to 15% of their live weight. On rough terrains, this conversion should be reduced to 1% in order to compensate the extra effort. For breeds unfits for traction, these values should be reduced to 9-10% of live weight. Once hitched, the animal's weight should be multiplied by the inverse of traction quantity, which refers to friction with the ground. The result corresponds to the total load value that can be pulled. The tropical climate reduces the animals work hours, as well as reducing the work expected intensity. The two-wheeled cart, usually used in Brazil, is an extremely old technology; it requires skill in driving and proper maintenance, an almost extinct craft. The same applies to horses, usually crossbreeds or even equestrian sports animals, discarded due to illness or old age. This situation leads them to under life, intense physical and psychic pain.

**Keywords:** cart, wagon, traction vectors, urban draft horse

## RESUMEN

Los vehículos sobre ruedas han existido desde tiempos prehistóricos y se citan en fuentes antiguas como objetos ampliamente conocidos. En tiempos más actuales, la aplicación de conceptos físicos para la determinación de los esfuerzos producidos en tracción y la conversión matemática y cuantificación de estos esfuerzos permite evaluar las posibilidades reales de utilizar la tracción animal. Ser conscientes de los fenómenos que provocan el movimiento del carreta sobre la pista sólo es posible analizarlo en conjunción con las condiciones de construcción de la pista, el caballo y la propia carreta. A su vez, la resistencia de la carreta al movimiento es proporcional al peso de la propia carreta junto con el peso de la carga y/o pasajero. La resistencia al movimiento del carreta puede ser representada por la suma de la fricción interna entre el eje y los radios de las ruedas, y la fricción externa entre los neumáticos y el suelo del carreta. Esta resistencia ofrecida a la resistencia a la tracción del caballo depende de las características del suelo, el volumen de la carga transportada y la construcción de la carreta. La capacidad de tracción de un animal aumenta con su peso. Como regla general, se acepta que un animal puede ejercer una tracción constante sobre una carga correspondiente a aproximadamente una décima parte (10%) de su peso corporal. Las pruebas han demostrado que los caballos de silla tienen esta capacidad reducida en unos 25%. Para las razas equinas de tiro, se considera que una carga de trabajo normal es aquella que no supera del 12 al 15% de su peso vivo. En terrenos accidentados, esta conversión debe reducirse en un 1% para compensar el esfuerzo adicional. Para las razas no aptas para el tiro, estos valores deben reducirse al 9-10% del peso vivo. Una vez enganchado, el peso del animal debe multiplicarse por la inversa de la cantidad de tracción, que se refiere a la fricción con el suelo. El resultado proporciona el valor de la carga totalmente tirado. El clima tropical reduce el número de horas de trabajo de los animales, así como reduce la intensidad esperada. El carro de dos ruedas, generalmente utilizado en Brasil es una tecnología extremadamente antigua; sin embargo, requiere experiencia en la conducción y el mantenimiento adecuados, una artesanía prácticamente extinta. Lo mismo se refiere a los caballos, generalmente mestizajes o incluso animales deportivos ecuestres desechados, debido a enfermedades o vejez. Tal situación los lleva a una subvida, intenso dolor físico y psíquico.

**Palabras clave:** carreta, vectores de tracción, caballos de tiro urbanos

## INTRODUÇÃO

Veículos sobre rodas existem desde os tempos pré-históricos e são citados em fontes antigas como sendo objetos amplamente conhecidos. Em um dos versos mais antigos dos Vedas é utilizada uma comparação: “assim como atrás do cavalo roda a roda, assim ambos os mundos atrás de você” (Riksanhita, VIII, 6, 38). Na Ásia, as carretas eram utilizadas desde tempos antigos, junto com animais montados e de carga no lombo (Lermantov, 1907).

Os gregos do tempo de Homero faziam uso de bigas. Detalhes das construções das carretas antigas permanecem desconhecidos, apenas a forma exterior das bigas de guerra de duas rodas está bem

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

representadas nos altos relevos e outras imagens. Não há dúvidas, em face das muitas citações de antigos escritores, que também para o transporte de cargas desde a antiguidade eram utilizadas caretas sobre rodas. Homero relata que Nausícaa pediu ao pai uma carroça para ser transportada com amigas para a beira-mar para lavar roupas. Havia carroças desse tipo com duas e quatro rodas e Plínio considera que os frígios as teriam inventado. As rodas desse tipo de *plaustrum* estavam bem assentadas no eixo, que rodava junto com estas. Tal configuração as tornavam muito desajeitadas (Lermantov, 1907).

Os persas antigos possuíam um bem organizado sistema de correio; mensageiros reais distribuíam as ordens reais com presteza, em outros reinos também. Porém um transporte adequado de passageiros a cavalo torna-se mais conhecido a partir dos romanos. Carruagens desse tipo eram mantidos por particulares (*cisium*), de duas rodas e barra de tração central, tipo um cabriolet, porém sem suspensão e com banco suspenso por cintos. Entrava-se pela frente e não por trás, como nas bigas, imagens de *cisium* surgem já nos vasos etruscos. Neste tipo de veículo se viajava rapidamente e, conforme testemunho do Suetônio, o imperador percorria em leves *meritória vehicula* até 160 km por dia.

Na era da migração dos povos e no início da Idade Média, a utilização de carruagens era vista como indolência. Os transportes eram feitos a cavalo enquanto religiosos e mulheres utilizavam jumentos. Os cronistas desta época muito raramente se referiam às carruagens.

Após as Cruzadas, o uso de carruagens ressurgiu, porém eram permitidas apenas para situações solenes e para dignitários, enquanto que às pessoas comuns era proibido o seu uso (Lermantov, 1907).

Ao final do séc. XVI, as carruagens tornaram-se objetos comuns, se comentava sobre carruagens de aluguel na Itália, Alemanha, Inglaterra bem como na França, até mesmo para viagens distantes. As carruagens se tornaram mais leves e elegantes, fornecidas com cobertura e cortinas laterais.

Henrique IV foi morto ao viajar de carruagem, isso levou a substituir as cortinas por paredes inteiriças e a parede posterior de ferro, intransponível para as balas da época. *Richelieu* utilizava uma carruagem blindada desse tipo.

A partir do séc. XVIII todos os tipos de carruagens para eventos solenes surgem no Império Russo, sendo a importação rapidamente substituída por fabricação própria. As antigas carruagens e carroças russas eram consideravelmente diferentes dos modelos da Europa Ocidental. O clima severo e o inverno longo exigiam o uso de coberturas e o uso de trenós, enquanto que as estradas

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales*, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

ruins obrigavam a tomar medidas contra os tremores. Sendo o transporte a cavalo essencial para o desenvolvimento daquela época, o governo investiu em estudos para melhoria dos veículos e da sua aplicação racional aos animais (Lermantov, 1907). Surge um dicionário enciclopédico, luxuosamente ilustrado e com verbetes escritos por expoentes da ciência daquele momento, em 86 volumes, lançado entre os anos 1890 e 1907. Atualmente, digitalizado e em processo de transliteração para o russo moderno (Andreevskii; Arsenyev; Petrushevsky, 1907).

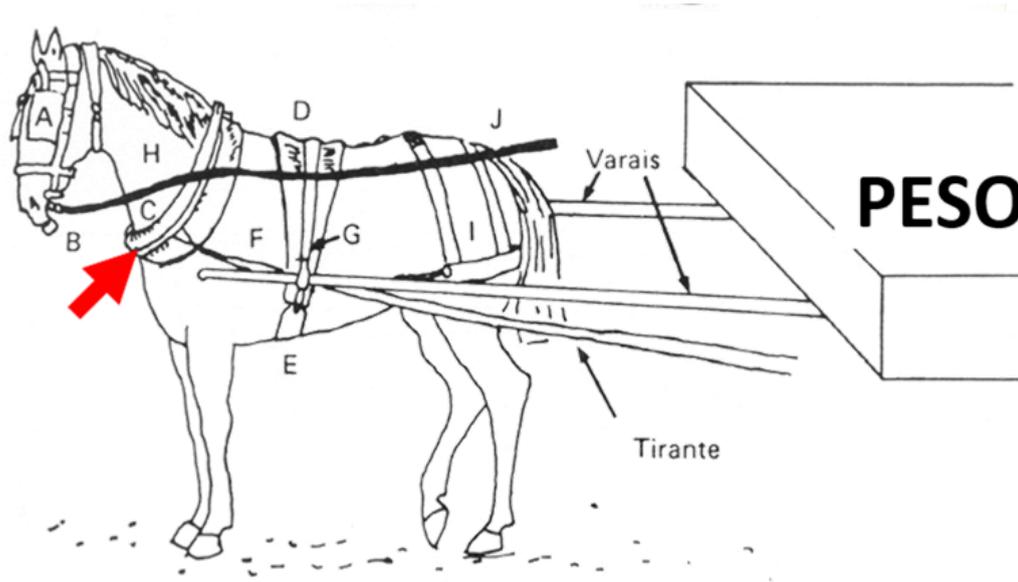
Em paralelo com o desenvolvimento dos diversos modelos de veículos a tração animal, ocorreu a evolução dos arreios, que conduzem o animal e o mantêm atado ao veículo. A coalheira é considerada essencial para a tração de pesos e para o serviço de aragem do solo. É uma estrutura que circunda o pescoço, feita de viga de ferro, embutido num corpo de estopa e recoberto por couro, sendo bastante pesada.

Weller (1999a,b) descreve os primeiros arreios. Nos primórdios da civilização consistiam de uma espécie de coleiras na altura da garganta e que com o peso da carga, comprimiam a traqueia e causavam sufocamento e redução da capacidade laboral. A tração era essencialmente executada pelos membros anteriores e pescoço. Houve também o uso de uma espécie de jugo, feito de metal, assentado sobre o dorso, com a mesma função. Os primeiros modelos de coalheira surgiram na China, durante o período dos Estados Combatentes (5º séc. AC). A coalheira permite que o cavalo use plenamente sua força para puxar. De fato, o que ocorre é que o animal literalmente empurra o peso para a frente com seus poderosos membros posteriores para dentro da coalheira (Fig. 1). Foi saudada como uma das maiores tecnologias da época. A partir deste momento, os cavalos se tornaram muito valiosos para arar e tração, pois, usando a coalheira o cavalo foi capaz de aplicar 50% mais energia em um dado período de tempo e com maior velocidade do que os bois. Essa coalheira chinesa foi divulgada pela Ásia Central e alcançou o Império Romano, influenciando a economia e a agricultura. Chegou a tal ponto que o Imperador Teodósio II, no seu Código de Teodósio (438 d.C.) determinou a limitação do peso da carga, para reduzir o estrago e o custo de manutenção das famosas estradas romanas.

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*



**Figura 1.** Imagem ilustrativa da coalheira (seta vermelha) e sua relação com o peso. Os varais são presos ao selote, para fins de direcionamento e os tirantes presos à coalheira. Tirantes são correntes presas à carroça e que transmitem o peso da carga.

## DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento dos veículos de tração está intimamente relacionado com a evolução da construção de caminhos, definidos como comunicações terrestres, ao contrário das vias navegáveis. As estradas menos aperfeiçoadas são as trilhas nas montanhas e áreas florestais, meios primitivos mantidos em um estado mais ou menos utilizável. Onde as relações comerciais exigiam, foram desenvolvidas trilhas acessíveis a animais que carregavam mercadorias no dorso (Tanenbaum, 1907). Caminhos deste tipo ainda manter seu papel nas planícies de estepe e nas montanhas intransitáveis. Em condições mais favoráveis eram desenvolvidos caminhos carroçáveis ou a cavalo. As primeiras estradas artificiais do Oriente, sobre o qual as informações foram preservadas, foram construídos, segundo a lenda, por Semíramis. Heródoto relata as notáveis estradas, construído pelos reis da Antiga Pérsia e mobiliado com estações e pousadas. Estradas construídas na China em tempos muito distantes, foram feitas tão firmemente que ainda são usados atualmente. Os gregos, especialmente os atenienses, construíram belas estradas (Tanenbaum, 1907). Um particular elevado grau de cuidado do poder central foi alcançado na Roma antiga. As estradas romanas se dividiam em: militares ou estaduais (viae), que estavam sob a jurisdição do governo central, pequenas estradas (vicinales de viae), que eram responsabilidade de magistrados comunitários, e privados e de campo (itineres) (Yanovskii, 1907).

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

A força necessária para mover a carroça ao longo de um caminho horizontal, ou a resistência da carroça ao movimento,  $F$ , é proporcional ao peso da própria carroça em conjunto ao peso da carga e/ou passageiro. Ou seja:

$$F \propto P_{\text{total}} \quad (1)$$

Onde  $P_{\text{total}}$  é:

$$P_{\text{total}} = P_c + P_{ca} \quad (2)$$

Sendo  $P_c$  o peso da carroça e  $P_{ca}$  o peso da carga e/ou passageiros.

A partir de inúmeros experimentos pode-se indicar constantes, aqui denominadas grandeza de tração, que levam à determinação da força total de tração. Yanovskii (1907) indicou valores médios para a grandeza de tração de acordo com as características da via: para estradas de solo, dependendo do estado da pista, de 1/10 a 1/20; para caminhos com pista artificialmente reforçada, de 1/25 a 1/50; para estrada lisa (asfalto), é de 1/133; para trilhos, de 1/250 a 1/300 (Yanovskii, 1907). Aplicando à equação 1, tem-se:

$$F = C \cdot P_{\text{total}} \quad (3)$$

onde  $C$  é o inverso da grandeza de tração para as mais diversas características da via.

Loginov et al, (1993) indica valores mais atualizados para a grandeza de tração, tendo como referência cavalos de cavalaria<sup>3</sup>, em clima temperado. Em terreno plano, quando em locomoção em estrada asfaltada é 1/25; em estrada de terra batida de boa qualidade ou ruas pavimentadas irregularmente com pedras é 1/12; em estrada de terra batida em condições precárias é de 1/6; locomoção através do campo é de 1/4.

Watson (1981) define as medidas aplicáveis à tração animal:

Para mover qualquer objeto, um animal deve exercer uma força igual ao peso ou resistência desse objeto. Por exemplo, são necessários 50 kg (kg) de força para mover um tronco de 50kg. Se o movimento é realizado puxando, em vez de suspender ou carregar, a força é chamada de tração.

**A capacidade de tração de um animal aumenta com seu peso.** Uma regra geralmente aceita é que um animal pode exercer uma tração constante em uma carga que equivale a aproximadamente **um décimo** (10%) de seu peso corporal. A regra se aplica quando é permitido ao animal assumir um ritmo natural e espera-se produzir um esforço estendido em vez de um esforço concentrado.

Um animal de tração deve ser capaz de produzir explosões de força extra, bem como trabalhar em um ritmo constante. Em condições normais, 30 kg de força podem ser necessários para puxar um tronco, mas se ele deve ser arrastado até uma colina, ou se o tronco encalhar em uma vala, a força necessária (requisito de tração) aumenta. Cavalos,

<sup>3</sup> Cavalos de raças próprias para tração, com peso ente 600 e 1.200kg, de musculatura possante

mulas e bois são animais de tração preferidos porque eles podem puxar cargas em longas distâncias a velocidades razoáveis e, quando necessário, fornecer capacidade extra de tração.

Potência é a combinação de capacidade de puxar e velocidade (ou ritmo). Em condições normais, um **cavalo grande**<sup>4</sup> puxará uma carga de 150 libras<sup>5</sup> (lb) a uma taxa constante de 2½ milhas por hora (mph). Essa taxa de trabalho é definida como uma potência (**hp**)<sup>6</sup>. Um touro com o mesmo peso, puxando a mesma carga, assumirá um ritmo normal de 1½ mph. No final de um dia de oito horas, o cavalo terá movido a carga mais longe, ou produzido mais trabalho do que o touro, e assim é dito ser mais poderoso do que o touro.

Testes mostraram que **cavalos de sela**, touros, búfalos, mulas e camelos fornecem cerca de **três quartos de potência**, vacas cerca de uma metade de potência, e **jumentos um terço do poder de potência** (hp). Mas deve-se lembrar que estas são as taxas em que os animais normalmente fornecem a força, não a força máxima que podem produzir em um determinado instante. Ao fazer testes, os cavalos têm, por vários **segundos**, exercido tração de até o dobro de seu peso e touros puxaram até o seu peso real. Mas a intensidade de tais esforços desgastam a força do animal e reduzem o tempo total em que ele é capaz de trabalhar.

[...] Os animais variam não apenas em sua capacidade de tracionar cargas, mas também no número de horas que eles vão trabalhar. **Nos trópicos**, as raças de bois puxarão entre um sétimo e um décimo de seu peso por quatro a cinco horas por dia. Jumentos irão tracionar cerca de um quinto de seu peso por três a quatro horas. Nos testes realizados na África, os touros trabalharam mais quando a carga foi reduzida ligeiramente e o trabalho feito em duas sessões, de duas a três horas da manhã e de duas a três horas no final da tarde. Jumentos se recusaram a trabalhar além de três ou quatro horas, independentemente de como o trabalho foi distribuído e apesar de uma redução no tamanho da carga.

[...] Trabalho que requer "esforços de pico" frequentes (puxando um arado através de solo enraizado ou rochoso; puxando uma carroça sobre terreno montanhoso) cansa os animais rapidamente. O operador deve compensar reduzindo a duração da jornada de trabalho, reduzindo a intensidade do trabalho (por exemplo, tomando cortes menores com o arado), ou proporcionando descansos frequentes. A alternativa é aumentar o número de animais utilizados. (grifos nossos) (Watson, 1981, p.8 e 9).

Loginov (1993) acrescentam que em subidas de aclives o cavalo despense um esforço extra, sendo que o grau do aclive é diretamente proporcional ao peso da carga. Ou seja, para cada grau de aclive deve-se reduzir 1 kg da carga.

Para o cavalo (raças de tração), se considera uma carga de trabalho normal àquela que não ultrapasse 12 a 15% do seu peso vivo. Em terrenos acidentados esta conversão deve ser reduzida em 1%, para compensar o esforço extra (11 a 14%) (Loginov et al, 1993).

Num exemplo prático, um hipotético cavalo de tração de 300 kg, deteria um esforço de tração de 36 a 45 kg, que será multiplicado pelo inverso da grandeza de tração correspondente ao solo.

<sup>4</sup> Raças de tração, com peso variando de 600 a 1.200 kg

<sup>5</sup> 68 kg por 4 km/h

<sup>6</sup> Horse Power = hp

Assim, em piso asfaltado (de boa qualidade) o equino poderia tracionar de 900 a 1.125 kg, enquanto numa estrada mal conservada, cheia de pedregulhos soltos, buracos e valas serão apenas 216 kg. Já em um relevo com muitos aclives e/ou piso de pedra, esta mesma carga se reduz para 396 e 504 kg, respectivamente. Entretanto, como lembra Watson (1981), cavalos leves, de sela, tracionam apenas  $\frac{3}{4}$  da potência e esses valores precisam ser reduzidos em 25%., assim, no último exemplo, 396 e 504 kg, seriam reduzidos, respectivamente, para 297 e 378 kg. E se for considerada uma carga de 10%, no caso de pisos de pedra e/ou aclives, seria 9%, produzindo  $27\text{kg} \times 12 = 324$  kg.

Apesar disso, Loginov *et al*, (1993), comentam que a experiência prática testemunha que seja mais racional o transporte de uma carga livre de 250 kg, transportada a uma velocidade média de 4 a 5 km/h, num percurso de 30 a 36 km/dia. Estas recomendações garantem uma economia de força e da capacidade de trabalho dos cavalos de carga. Isto corresponde a cerca de 5% do peso vivo. No exemplo anterior, esses valores correspondem a  $300\text{kg} \times 5\% = 150$  kg de carga. E se raça não for não apropriada, serão 112 kg.

No Anexo, Quadros 1 e 2, descrevem os passos para o cálculo do peso de carga tolerável.

Loginov *et al*, (1993) explicam que as carroças devem satisfazer as seguintes exigências: serem leves na movimentação, terem estabilidade, serem de fácil conversão nas curvas, serem elásticas e terem independência de marchas. Do ponto de vista de conservação do cavalo são mais importantes a leveza durante movimentação e a elasticidade.

A leveza da carroça em andamento consiste na sua capacidade de se movimentar com o mínimo esforço possível de tração do cavalo. Ela é medida pela relação do esforço de tração do cavalo com relação ao peso da carroça carregada. Esta relação se denomina coeficiente de resistência ao movimento.

A resistência ao movimento da carroça é a somatória do atrito interno, entre o eixo e os raios das rodas, e do atrito externo, entre os pneus e o solo da estrada. A resistência oferecida à força de tração do cavalo depende das características do solo, do volume da carga transportada e da construção da carroça.

Por exemplo, em estradas com cobertura dura a locomoção ocorre com maior facilidade do que em solo de terra batida. A carroça torna-se mais leve em movimento quando seu peso é menor, os pneus das rodas são mais largos e de diâmetro maior (Loginov *et al*, 1993). As rodas

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

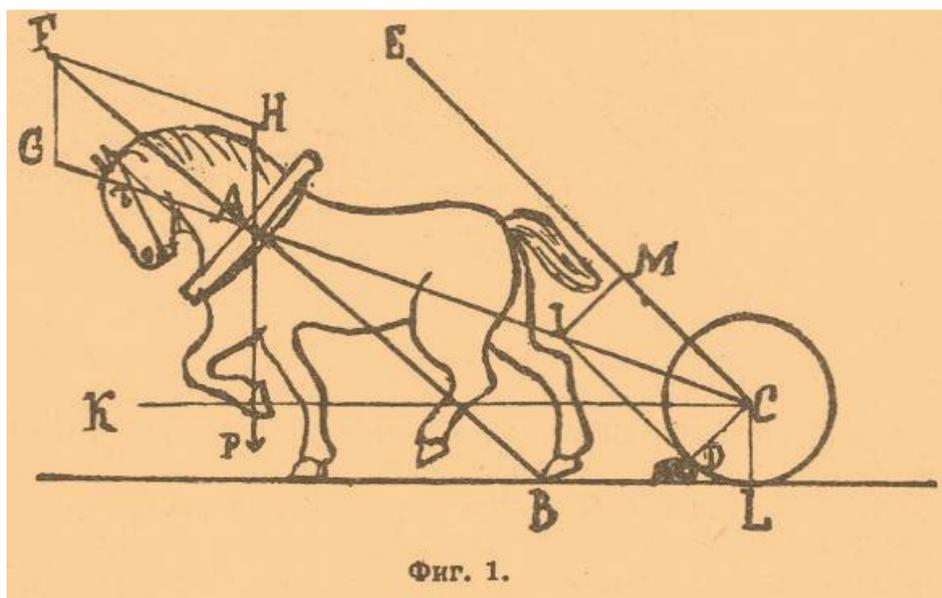
*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales*, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

devem possuir aro de tamanho maior, pois isso alivia a carga, no sentido de que esta percorre uma distância maior com o mesmo esforço (Yakimovitch, 1907).

O estado e o tipo de estradas e a natureza do terreno exercem influência direta sobre a capacidade de marcha. As estradas construídas em terrenos montanhosos ou acidentados, com longos declives ou numerosas elevações íngremes, reduzem a velocidade de marcha e os períodos de trote (EMPREGO, 1950).

Estar ciente dos fenômenos que causam o movimento da carroça na via é possível apenas ser analisado em conjunto com as condições de construção da via, do cavalo e da própria carroça. Quando o cavalo (Fig.2) faz força para remover a carroça do lugar numa via horizontal, ele se apoia principalmente sobre os membros posteriores (Lermantov, 1907).



**Figura 2. Vetores da força de tração.**

Para não complicar, vamos discutir apenas sobre essa força, direcionada ao longo da linha BA, que passa pelo ponto de apoio da ferradura e o ponto de fixação dos varais na coalheira. Essa força é transmitida à carroça ao longo da linha AC, que passa pelo eixo das rodas dianteiras. Habitualmente, a presença de um obstáculo na via não é considerada no ponto L, onde a reta traçada perpendicularmente ao raio da roda é horizontal. Tal obstáculo pode ser representado, por exemplo, por uma pedra saliente e entra em contato em algum ponto do aro da roda (na Figura 2, no ponto D). Para iniciar o movimento, a roda deve girar próximo ao ponto D; nesse ponto, o eixo

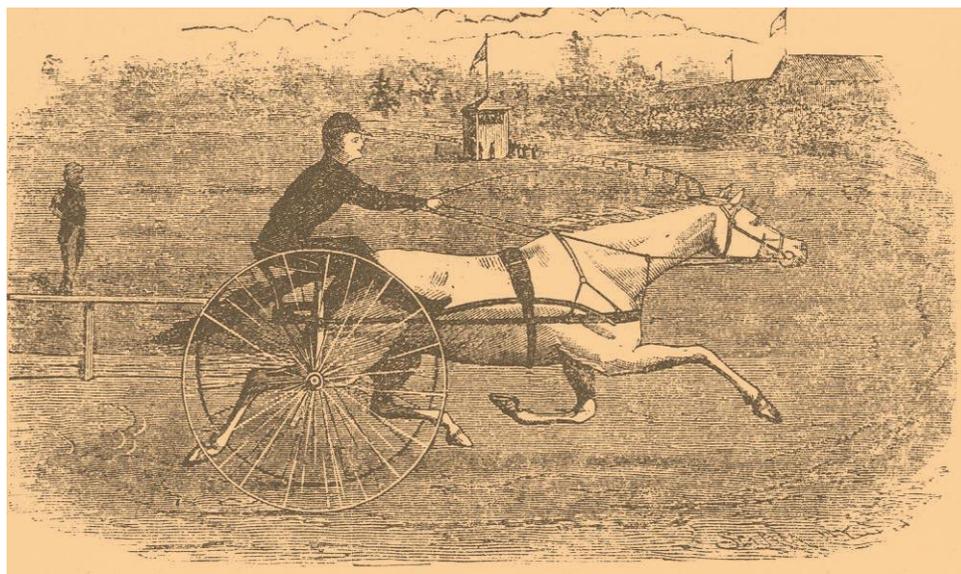
*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

deve, necessariamente, se elevar um pouco. A direção da força, produzida por tal rotação, será CE, perpendicular ao raio do toque, representado pela reta CD. O esforço do cavalo é direcionado ao longo da reta CA. Ao se alongar a reta CA, até o ponto F, e, em seguida decompondo-se a força de acordo com a regra do paralelogramo, se obtém as componentes AG e AH. Esse conjunto de forças tende a levantar a frente do cavalo. Transferindo a força expressa pelo vetor AG para CJ, ao longo da reta que expressa sua direção, será necessário novamente decompô-la em uma força CD, que produz apenas pressão sobre o ponto D, e a força CM, que produz a rotação necessária. A partir do diagrama pode-se ver que a direção do CE está mais próxima da horizontal, quanto menos irregularidades na via, e que o componente do AH, que busca elevar o cavalo para cima, será maior quando a direção dos tirantes (ou varais), representados por AC, se aproxima da horizontal (Lermantov, 1907).

É por esse motivo que nas carroças de duas rodas e sendo estas altas, frequentemente se observa que durante o esforço do cavalo a coalheira sobe; o mesmo é observado quando o cavalo não consegue segurar a carroça na descida. No caso usual, o componente do AH é muito menor que o peso do cavalo P e nem sequer excede o peso da coalheira com o arco. De qualquer forma, é vantajoso que o ângulo CAB seja o menor possível. Para isso, porém, seria necessário mover o ponto de apoio dos cascos para a direita do ponto de apoio da roda; isso é impossível com carroças comuns, mas é quase alcançado no *sulky* americano (Fig. 3), carretinha leve de duas rodas para treinamento de cavalos de corrida de trote, no qual as rodas são tão elevadas que o cavalo é colocado entre elas e o condutor está acima dele (Lermantov, 1907).



*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales*, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

**Figura 3. Sulky americano, carretinha leve de duas rodas para treinamento de cavalos de corrida de trote.**

Durante o movimento, outra coisa se junta às condições consideradas: os tremores. Enquanto a carroça roda a uma velocidade constante em uma parte horizontal completamente lisa da estrada, a força desenvolvida pelo cavalo equilibra a resistência causada pelo atrito deslizante nos eixos, o atrito de rolamento da borda e a resistência do ar ao movimento (atingindo valores significativos apenas em altas velocidades ou ventos fortes). Mas a cada encontro da roda com a irregularidade da estrada, a velocidade da carroça diminui por um período extremamente curto de tempo, enquanto o cavalo continua se movendo à sua maneira; a partir disso, nos tirantes/varais que o conectam com a carroça, os esforços serão maiores quando os tirantes apresentarem menor alongamento elástico e/ou forem menos maleáveis e de alongamento elástico. Portanto, o arco russo<sup>7</sup> é mais conveniente do que o arreio com peitoral: as tiras de couro apertam as extremidades do arco e dão a todo o sistema maior elasticidade, de modo que o cavalo cansa menos com os empurrões da carroça (Fig. 4). Foram apresentadas também, valiosas invenções em forma de molas ou peças de borracha incorporadas aos arreios para alcançar o mesmo objetivo (Lermantov, 1907).

Não é difícil derivar as fórmulas que ligam as forças e circunstâncias acima que determinam o movimento das carroças, e anexar a elas a expressão do componente causado pela inclinação da estrada; no entanto, as constantes presentes nessas fórmulas mudam tanto em diferentes lugares da estrada que é inconveniente inserir seus valores numéricos no cálculo.

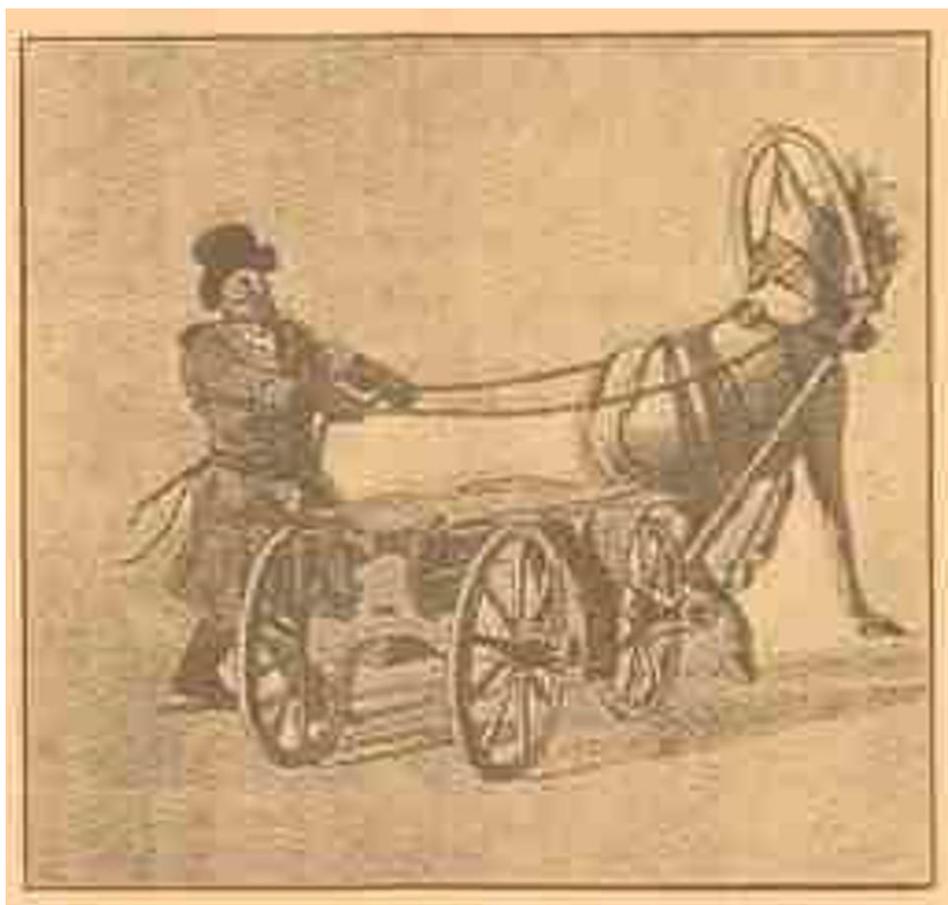
---

<sup>7</sup> No arreio comum os varais da carroça são fixados no selote e os tirantes na coalheira, sendo os golpes diretamente infligidos às espáduas, dorso e pescoço do cavalo. No caso do arco, este é preso às extremidades dos varais e estes são presos à coalheira apenas por cintas de couro e ao selote. O arco auxilia na dissipação das trepidações e protege o cavalo.

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales*, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.



**Figura 4. Atrelagem com uso do arco, que une e equilibra os varais da carroça, absorvendo as trepidações.**

Já em 1842, o engenheiro francês Morin, aluno do famoso Poncelet, fez uma longa série de experimentos cuidadosos em diferentes carroças e em diferentes estradas usando um dinamômetro de autogravação; os resultados numéricos desses experimentos ainda são usados hoje. As principais conclusões gerais de Morin são as seguintes: sob os mesmos eixos da carroça e outras condições iguais, sua resistência ao movimento é proporcional ao peso total da carga e da carroça em si, e inversamente proporcional ao raio das rodas. No pavimento e na rodovia, a largura das rodas (de 8 a 10 cm) permanece sem influência, e na terra e em estradas moles, a resistência ao movimento diminui com o aumento da largura dos aros. A resistência aumenta com o aumento da velocidade, especialmente em estradas ruins. Rodas pequenas e carroças sem molas estragam estradas mais do que grandes rodas e carroças com molas. A elasticidade da borda da roda também ajuda significativamente a enfraquecer os choques: nota-se que com pneus muito grossos, os raios muitas vezes quebram. Quando a borracha apareceu, começaram a tentar cobrir as rodas com ela (Lermantov, 1907).

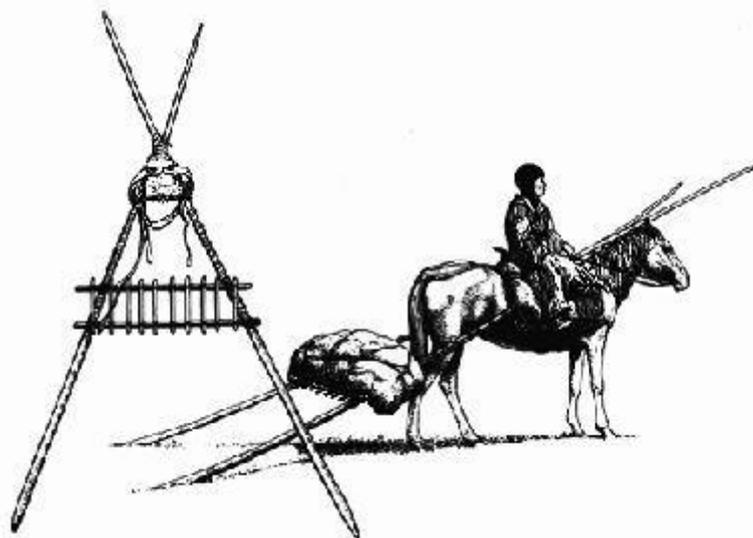
*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

Em geral, as carroças de duas rodas representam um pouco menos resistência por unidade de peso total do que as de quatro rodas. Em estradas planas e duras, a resistência ao atrito nas mangueiras das rodas excede a resistência encontrada pelas próprias rodas na estrada; portanto, para carruagens urbanas, foram utilizados "eixos patenteados" e outras mangas melhoradas, até mangas de bicicleta, com esferas de aço. Para estradas de terra e ruas pavimentadas irregularmente com pedras, esta redução do atrito nos eixos permanece quase imperceptível, a principal vantagem é a força e a capacidade de suportar choques, conseguidos pelo uso de pneus de borracha. Com solo macio, quando os sulcos se formaram na estrada, é necessário que o comprimento de todos os eixos da carroça seja o mesmo, caso contrário as rodas vão constantemente rolar para fora do sulco para lugares mais elevados da estrada, em seguida, cair novamente (Lermantov, 1907).

O design das carroças e suas peças é extremamente diverso: o tipo mais simples é o "arrasto" (Fig.5), também em nosso tempo usado em lugares onde não há estradas reais. São duas varas longas, amarrados de uma forma ou de outra aos ombros do cavalo com suas pontas finas e arrastados pelo chão com pontas grossas; atrás do cavalo, ambas as varas são conectadas por barras nas quais a carga é colocada. Quando se teve a ideia de fixar um par de rodas ao arrasto, foi obtida a carroça, e quando a forma das extremidades arrastadas foi melhorada, foi obtido o trenó. Para cargas grandes, foi necessário organizar dois pares de rodas, e para aumentar a mobilidade, no par dianteiro foi necessário fixar um eixo vertical - o pivô (Lermantov, 1907).



**Figura 5. Transporte de carga sobre o arrasto, antes da descoberta da roda. (The horse-drawn travois. Artwork by Gordon Miller). The Canadian Encyclopedia.**

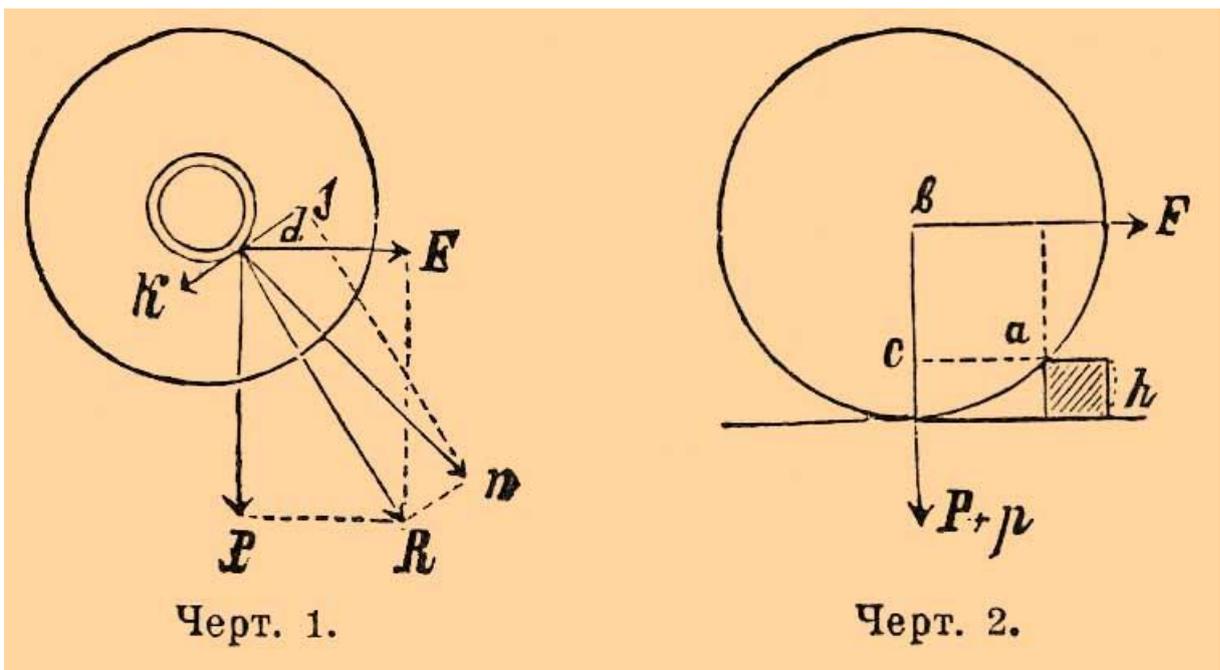
*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

A **mobilidade e a capacidade de giro** da carroça são as propriedades principais que a carroça deve satisfazer; sendo expressa pela quantidade de trabalho útil gasto pelo sistema de propulsão para o movimento da carroça em diferentes terrenos. A mobilidade depende dos dados de design da carroça, do número de cavalos, do método de arreios e se compõe em: leveza em movimento, estabilidade, viragem, flexibilidade e independência de movimentos e estabilidade da barra de tração. A leveza da carroça em movimento é medida pela razão de impulso por peso da carroça carregada,  $\left(\frac{F}{P}\right)$  (Yakimovitch, 1907).

Tração é a força desenvolvida pelo sistema de propulsão quando a carroça é puxada; é expresso em unidades de peso e pode ser medido com um dinamômetro. A força de tração quando a carroça se move supera constantemente o atrito do eixo na manga da roda e a resistência do terreno a balançar sobre ele o aro da roda. Há sempre uma lacuna entre o eixo e a manga; quando a carroça está se movendo, o eixo é levantado da posição inferior e toca a manga ao longo da produção  $a$  (Fig 6).



**Figura 6.** A força de tração quando a carroça se move supera constantemente o atrito do eixo na manga da roda e a resistência do terreno a balançar sobre ele o aro da roda.

Ignorando alguns pares rotativos, as forças aplicadas no ponto de contato ( $a$ ) do eixo com manga serão a carga atribuível sobre a roda,  $P$  e o impulso,  $F$ . A relação entre eles é dada por  $R$ , sendo:

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

$$R = \sqrt{(P^2 + F^2)} \quad (4)$$

Quando este último é decomposto de acordo com o normal e tangencial, a força  $a_n$  é obtida, correspondendo à pressão no eixo na manga. Como resultado,  $a_k$  tende a baixar o eixo na manga, o que, de fato, não ocorre devido à força de atrito,  $S$ , do eixo na manga, direcionado tangencialmente na direção oposta à força,  $a_k$ , ou seja:

$$S = a_k = R \operatorname{sen} \alpha \quad (5)$$

onde  $\alpha$  é o ângulo  $R$  com  $a_n$  normal.

Por outro lado, pode-se definir a força de atrito em função do coeficiente de atrito,  $f$ :

$$S = f R \operatorname{sen} \alpha \quad (6)$$

e:

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}} \quad (7)$$

Tem-se que:

$$S = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}} R \quad (8)$$

Sabendo, ainda, que o coeficiente de atrito nos pinos,  $f_1$  é dado por:

$$f_1 = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}} \quad (9)$$

Tem-se que:

$$S = f_1 R = f_1 \sqrt{(P^2 + F^2)} \quad (10)$$

Negligenciando a resistência do terreno e considerando uniforme o movimento da roda, pode-se relacionar uma revolução da roda (giro de  $360^\circ$ ) com a equação de trabalho. Tem-se, então, que:

$$F \cdot 2\pi R = f_1 \sqrt{(P^2 + F^2)} 2\pi \cdot r \quad (11)$$

onde  $R$  é o raio da roda e  $r$  são as mangas, onde:

$$F^2 = \left(\frac{r}{R}\right)^2 f_1^2 [P^2 + F^2] \quad (12)$$

e:

$$F = \frac{P f_1 r}{\sqrt{R^2 - f_1^2 r^2}} = \frac{f_1 \frac{r}{R}}{\sqrt{1 - f_1^2 \left(\frac{r}{R}\right)^2}} \quad (13)$$

Sendo  $f_1 < \frac{1}{5}$  e  $\frac{r}{R} < \frac{1}{10}$  nas carroças consideradas, tem-se que:

$$\frac{f_1^2 r^2}{R^2} < \frac{1}{1000} \quad (14)$$

Em valores menores que 1, a parcela descrita na equação 14 é desconsiderada. Portanto:

$$F = f_1 \frac{r}{R} P \quad (15)$$

Essa expressão do impulso horizontal necessário para tracionar a carroça (no caso quando é possível negligenciar a resistência do terreno), mostra que é vantajoso fazer o eixo e a manga de metais diferentes, e usar lubrificante, razão pela qual o  $f_1$  diminui. Adicionalmente, rodas grandes são mais rentáveis do que as pequenas.

Já a principal resistência superada pelo sistema de propulsão quando a carroça é tracionada é a resistência do terreno. Dependendo da variedade de terreno, a resistência (T) em rolar sobre ele da borda da roda é extremamente variável e só pode ser determinada pela experiência.

Verificou-se, ainda, que a resistência do terreno é proporcional à carga que pressiona ( $P + p$ , onde  $P$  é a carga da carroça,  $p$  é o peso da roda) e um certo coeficiente  $A$ , dependendo do solo (compressivo, atoleiro, duro, desigual, pegajoso), a largura do pneu, a velocidade do movimento e o método de fixação da boleia da carroça. É, ainda, inversamente proporcional ao raio da roda, ou seja:

$$T = A \frac{P + p}{R} \quad (16)$$

Com terreno viscoso, a roda de um raio grande (com o mesmo peso  $P + p$ ) se aprofunda menos no solo, pois a pressão se estende a uma superfície maior em contato com o aro. Em terreno duro, uma roda de diâmetro maior rola com maior facilidade sobre os obstáculos encontrados.

A força  $F$  necessária para rolar a roda sobre obstáculos com uma determinada altura  $h$ , é definida a partir da condição de equilíbrio da alavanca quebrada  $abc$ , onde:

$$F_{ab} = (P + p)ac \quad (17)$$

$$ab = R - h \quad (18)$$

$$ac = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \quad (19)$$

Dáí:

$$F = (P + p) \frac{\sqrt{h(2R - h)}}{R - h} \quad (20)$$

Negligenciando  $h$  em comparação com  $R$ , tem-se que:

$$F = (P + p) \sqrt{\frac{2h}{R}} \quad (21)$$

As vantagens de uma roda grande é que a pressão que produz sobre o obstáculo é mais próxima da vertical. Com isso, o obstáculo é pressionado para dentro da estrada; a roda pequena vai movê-la para a frente e sulcar a terra. O limite das rodas  $R$  é determinado pelo seu peso e estabilidade da carroça. A resistência não depende da largura do pneu em terreno duro, enquanto que em terreno viscoso diminui em proporção ao aumento da largura do pneu para 11 polegadas, e na areia para 81/2 polegadas. Levando-se em conta a resistência do terreno ao rolamento da roda e ao atrito do eixo na manga, é possível obter a partir da derivação da equação do trabalho a expressão geral do impulso horizontal  $F$ , considerando o movimento uniforme durante uma revolução da roda:

$$2\pi RF - 2\pi r f_1 \sqrt{(P^2 + F^2)} - 2\pi R \frac{A(P + p)}{R} = 0 \quad (22)$$

Dessa forma:

$$F - f_1 \sqrt{(P^2 + F^2)} \frac{r}{R} - A \frac{(P + p)}{R} = 0 \quad (23)$$

Após alguma manipulação matemática, e negligenciando  $\left(\frac{F}{P}\right)^2$  antes de 1, que, geralmente, é menor que  $\frac{1}{100}$ , tem-se:

$$F - f_1 P \frac{r}{R} - A \frac{(P + p)}{R} = 0 \quad (24)$$

Ou ainda:

$$F = f_1 P \frac{r}{R} + A \frac{(P + p)}{R} \quad (25)$$

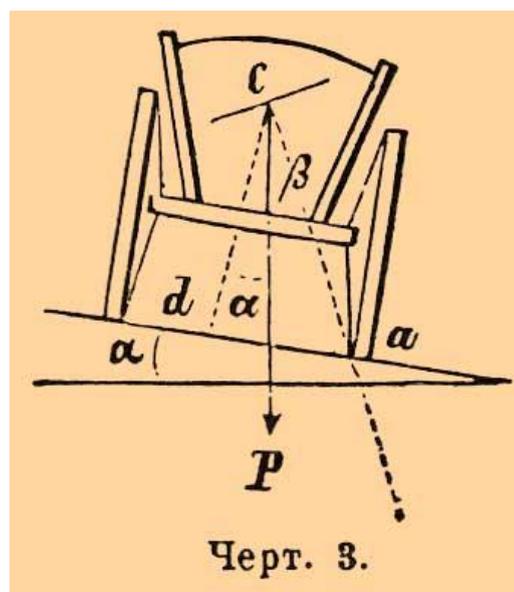
Para que o cavalo desenvolva o maior efeito útil quando a carroça é tracionada, é necessário aumentar o ângulo, geralmente composto pela direção do tirante com o horizonte (ângulo de impulso), com um aumento na irregularidade do terreno; mais frequentemente o ângulo de

impulso é de 5-6°. Os tirantes nunca devem ser horizontais, porque o cavalo, desenvolvendo a força, empurra o corpo para a frente e abaixa a frente. Portanto, um tirante horizontal receberá uma inclinação inversa e parte do esforço do cavalo será gasto em pressionar a carroça para dentro do solo. A carga deve ser distribuída na carroça de forma que seu centro de gravidade esteja no plano vertical de simetria da carroça, caso contrário as rodas mais sobrecarregadas ficarão atrás das vizinhas - haverá pares de forças que entortam o eixo. O eixo traseiro é carregado mais do que o dianteiro em termos de diâmetro da roda e ainda mais (mais frequentemente a razão é tomada 1/2 ou 2/3), porque as rodas dianteiras sulcam a pista.

A **estabilidade** é a propriedade da carroça não virar ao dirigir em oblíquos, quando acontece de a roda esquerda estar muito mais alta que a direita, e vice-versa (Fig. 7). A carroça não irá capotar até que a linha de prumo abaixo do centro de gravidade ( $c$ ) da carroça caia entre os pontos de apoio de ambas as rodas; quando passar pelo ponto  $a$  o suporte da roda inferior, o equilíbrio vai ficar instável e a carroça pode tombar (Yakimovitch, 1907). Este capotamento ocorrerá tão logo quanto menor for o ângulo  $acd$  ou ângulo  $\beta$ , sendo:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{ad}{cd} = \frac{D}{2(r+h)} \quad (26)$$

onde  $D$  é a largura do traçado,  $r$  é o raio da roda,  $h$  é o excesso do centro de gravidade sobre o eixo. Para aumentar a estabilidade, é necessário alargar o curso e rebaixar o centro de gravidade do carrinho.



*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

**Figura 7. A estabilidade é a propriedade da carroça não virar ao dirigir em oblíquos**

A **viragem** é propriedade da carroça, que determina a funcionabilidade das manobras e a capacidade de seguir estradas sinuosas; é estimado pelo raio do menor círculo em que a carroça pode fazer uma curva completa (Fig. 8.4) (Yakimovitch, 1907)..

Uma carroça de duas rodas pode girar perto de qualquer ponto em seu eixo; ao girar perto de uma de suas rodas (*k*), o ponto mais distante é a extremidade do varal (*O*) ou da barra de tração central, e descreverá o maior dos círculos descritos pelos outros pontos da carroça. Seu raio será:

$$R = \sqrt{l^2 + a^2} \tag{27}$$

onde *l* é o comprimento da barra de tração, e *a* a largura do curso. Conseqüentemente, a capacidade de giro da carroça de duas rodas aumenta com o encurtamento dos varais e o estreitamento do curso. O menor lugar para virar será necessário quando for ocorrer perto do ponto situado no meio do eixo.

Uma carroça de quatro rodas ocupará o menor espaço ao girar, quando a roda dianteira é colocada em contato com movimento da porção posterior, e, com a direção dos eixos formando um certo ângulo  $\gamma$ , e todos os pontos da carroça descrevendo arcos de círculos próximos ao ponto de intersecção das direções dos eixos (*O*); o maior arco descreverá a extremidade da barra de tração central (Fig. 8.5).

Seu raio será:

$R = \sqrt{l^2 + OC^2}$	(28)
-------------------------	------

E ainda:

$$OC = AM + OB \tag{29}$$

$$AM = \frac{b - c}{\text{sen } \gamma} \tag{30}$$

$$OB = \frac{c}{\text{tg } \gamma} \tag{31}$$

$$OC = \frac{b - c}{\text{sen } \gamma} + \frac{c}{\text{tg } \gamma} = \frac{b - c + c \text{cos} \gamma}{\text{sen } \gamma} = \frac{b - c(1 - \text{cos} \gamma)}{\text{sen } \gamma} \tag{32}$$

onde *b* = *EMC* é a distância entre os eixos e *c* = *SM* corresponde à distância do pivô *M* para o eixo dianteiro. Portanto:

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

$$R = \sqrt{l^2 + \frac{[b - c(1 - \cos \gamma)]^2}{\text{sen}^2 \gamma}} \quad (33)$$

O valor de  $R$  diminui e, conseqüentemente, a capacidade de giro da carroça de quatro rodas aumenta com o encurtamento da barra de tração central ( $l$ ) e comprimento ( $b$ ) da carroça e com um aumento de  $c$  e  $\gamma$ . O comprimento da barra de tração central é definido e constante, o comprimento da carroça nem sempre é conveniente reduzir; um aumento no ângulo de  $\gamma$  é alcançado estreitando a parte dianteira do movimento da porção posterior ou dispondo este último de tal forma que as rodas dianteiras se encaixem parcial ou totalmente por baixo dela, reduzindo o diâmetro das rodas dianteiras e, finalmente, aumentando  $c$  — fixando o pivô por trás do eixo dianteiro.

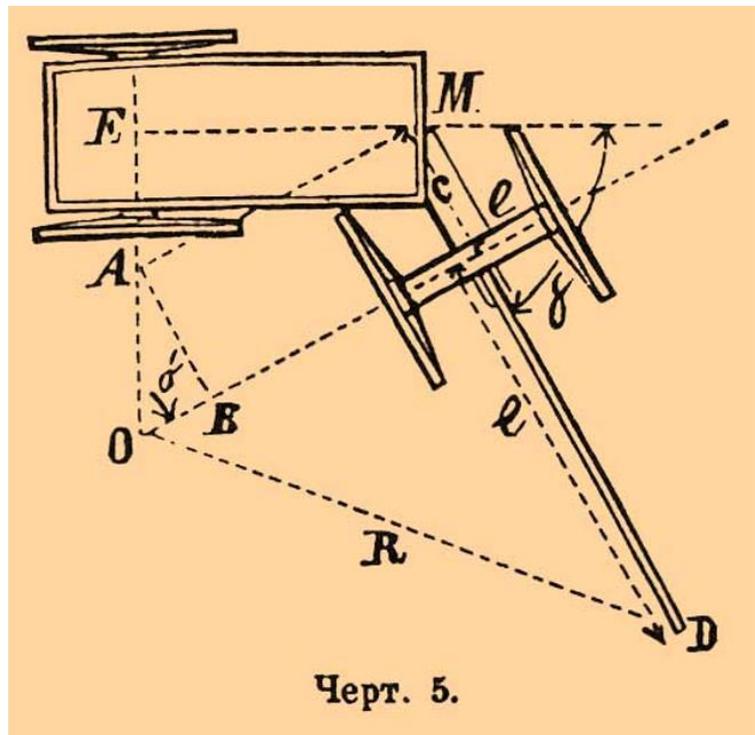
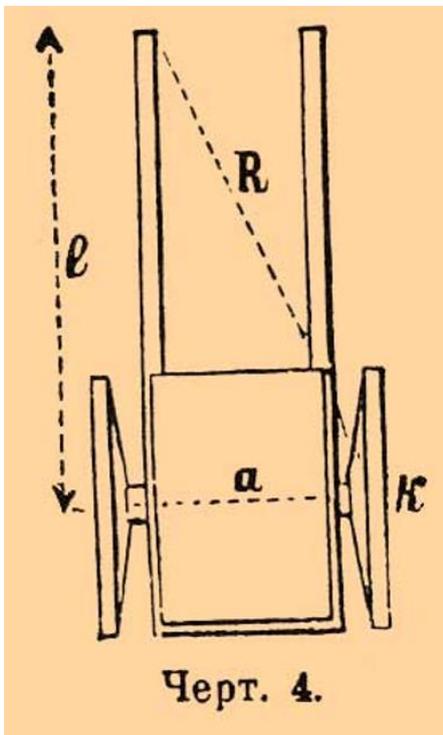


Figura 8.4 e 8.5. A viragem é propriedade da carroça, que determina a funcionabilidade das manobras e a capacidade de seguir estradas sinuosas

A **flexibilidade** da carroça<sup>8</sup> permite o aumento da elevação e descida da extremidade livre barra de tração central ao conduzir em terrenos irregulares; é medido pelo maior ângulo formado pela barra nas posições mais altas e mais baixas de sua extremidade com o horizonte. Ao atravessar

<sup>8</sup> Refere-se no caso a carroças de dois eixos e pivô, para tração com dois cavalos.

valas e lombadas, há momentos em que as rodas dianteiras e traseiras estão em inclinação diferente (Fig.9.4), enquanto a barra de tração central deve ser capaz de subir ou descer, caso contrário, ela vai quebrar. A flexibilidade é alcançada pelo jogo do pivô no funil.

A independência dos movimentos reside na capacidade da carroça assumir uma posição em que a roda dianteira direita é mais alta que a esquerda, e na traseira a esquerda é maior que a direita ou vice-versa; é medido pela magnitude do ângulo de  $\delta$  formado pelas projeções dos eixos no plano vertical com o maior entortamento (Fig. 9.6) (Yakimovitch, 1907).

A independência de movimentos torna possível que a carroça siga terrenos acidentados (lombadas, buracos, etc.) e é alcançado da mesma forma que a flexibilidade — pelo jogo do pivô no funil. Ao se mover a carroça, devido aos obstáculos locais e a velocidade dos movimentos, às vezes as rodas individuais, se posicionam de formas diferentes (Fig. 8.8).; a diferença de velocidades, transmitida na forma de pressões no ponto de junção dos movimentos, produz balanços na barra de tração central, cansando e até mesmo inutilizando os cavalos. Os balanços são verticais e horizontais. Se o ponto de junção dos movimentos estiver localizado acima do eixo, então os atrasos da porção posterior serão expressos por sua pressão no ponto de junção dos movimentos da frente para trás, o que eleva a barra de tração central. Ao ser empurrada pela porção posterior - barra de tração central vai cair e vai pressionar a cernelha dos cavalos (Yakimovitch, 1907).

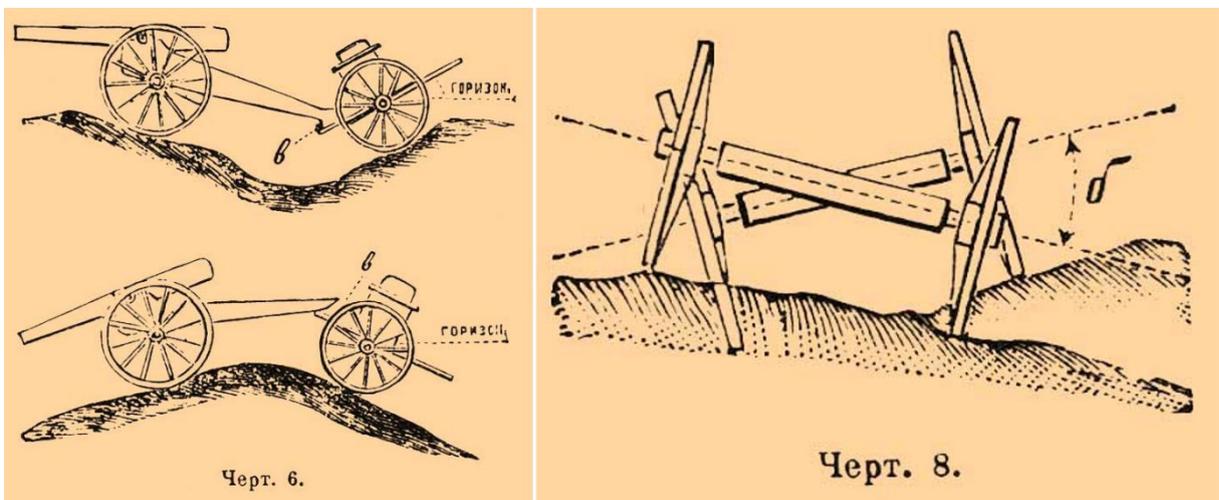


Figura 9.6 e 9.8. A flexibilidade da carroça e a independência dos movimentos

Ao se falar de carroças, é imprescindível se referir aos cavalos, pois a carroça, não é um veículo auto movente.

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

Mils e Nankervis (2005) relatam que no Pleistoceno, durante a Era do Gelo, ocorreu a extinção do *Equus* na América do Norte e das duas espécies que alcançaram a América do Sul. Os remanescentes conseguiram atravessar o Estreito de Behring, para a Ásia, onde continuaram sua evolução, crescendo em tamanho, alterando suas estruturas e gerando novas espécies. Na Mongolia surgiu o Cavalo de Przewalski (*E. ferus przewalskii*) e na Eurásia o Tarpan (*E. ferus* ou *E. silvaticus*), ambos fortes e robustos. Na África e Ásia Central se desenvolveu o *Equus caballus agilis*, precursor das raças árabes e gregas. O clima mais ameno da Europa favoreceu o desenvolvimento do *Equus caballus robustus*, um animal grande (1,70m) e forte, origem de todas as raças de cavalos de tração.

Aliás, seus precursores foram montaria dos cavaleiros medievais, com suas armaduras pesadíssimas.

Desta forma, desde a sua domesticação, os cavalos foram lentamente sendo selecionados de acordo com sua aptidão, conforme o que o ser humano desejava que o animal produzisse, seja transporte montado ou transporte de cargas e serviço agrícola, o que gerou a classificação primária de cavalos em Sela e Tração.

Com relação ao tamanho, existem duas classificações de equinos, uma quanto ao porte e outra quanto à aptidão funcional. Assim, Ribeiro (1988) classifica os cavalos em grandes, quando a estatura ultrapassa 1,60m; médios quando a altura encontra-se entre 1,50m e 1,60m; pequenos quando têm altura entre 1,30m e 1,50m. Equinos com menos de 1,30m são classificados como piquiras e pôneis. A medida é a altura da cernelha ao chão, entre o pescoço e o dorso. Rezende et al. (2016) denominam de Petiços os cavalos mestiços com pequena estatura corporal.

Com relação à aptidão, existe uma série de medidas biométricas, citadas por Rezende et al. (2016), destacando Torres e Jardim (1992) a aplicação de cálculos para obter os Índices de Compacidade (ICC1 e 2) e o Índice de Conformação (ICF)<sup>9</sup>. Efetuados os cálculos, para o ICC 1 os animais de **tração pesada** devem apresentar valores superiores a 3,15; valores em torno de 2,75 indicam animais apropriados para **tração ligeira** e os próximos a 2,6 estarão aptos para **sela**. Para o ICC

---

<sup>9</sup> O Índice de Compacidade 1 (ICC1) é a relação do peso estimado dividido pela altura da cernelha, dividindo-se o resultado por cem ( $ICC1 = (P/AC)/100$ ). O Índice de compacidade 2 (ICC2) corresponde ao peso estimado dividido pela altura da cernelha subtraída do valor 1, dividindo-se o resultado por cem ( $ICC2 = (P/[AC-1])/100$ ), já o Índice de Conformação corresponde ao perímetro torácico elevado ao quadrado e dividindo-se esse resultado pela altura de cernelha ( $ICF = PT^2 / AC$ ).

2, os valores maiores que 9,5 indicam equinos de tração pesada, entre 8 e 9,5, cavalos de tração ligeira e entre 6 e 7,75 aponta os animais de sela. Com relação ao ICF, animais com valores iguais ou abaixo de 2,1125, são animais não aptos à tração e acima desse valor são animais apropriados à tração.

Diversos estudos morfométricos têm sido feitos em equídeos de tração urbana no Brasil. Em Pelotas/RS se verificou que os cavalos são de pequeno e médio porte, com peso médio de  $308 \pm 60$  Kg. Os índices obtidos com relação ao ICC2 demonstram que menos de 13% dos animais têm aptidão para tração pesada, 61% para tração leve e 26% não tem aptidão para tração. Com relação ao ICF os autores informam que os “animais não têm parâmetros biométricos ideais para realizar atividades de tração às quais são submetidos”. E concluem afirmando que “com base nos resultados encontrados, os cavalos de carroça da cidade de Pelotas possuem medidas biométricas inadequadas para tração de cargas pesadas e aptidão para tração de cargas leves e uso como cavalo de sela”. Além desses dados, também é informado que na maioria das vezes, o padrão alimentar dos animais de carroceiros está aquém do necessário (Paz et al., 2013).

No município de Lages/SC os animais de tração urbana foram avaliados com os mesmos índices, concluindo-se que a “maioria dos cavalos são classificados como eumétricos, mediolíneo para longilíneo, intermediários de tração ligeira ou de sela” (Menegatti et al., 2010).

Conforme Mariz, et al. (2014) em estudo conduzido em Arapiraca/AL foi encontrado que “em relação à massa corporal (MC), as três espécies representam animais pequenos ou hipométricos, por estarem abaixo de 350 kg”. Feitos os cálculos zoométricos, os autores concluem que “a estrutura corporal dos animais avaliados é inadequada para tração, exteriorizando inaptidão para a função”.

Fantini (2010), trabalhando com cavalos de tração urbana em Belo Horizonte/MG, já demonstrou que o “desempenho dos animais de tração é diretamente influenciado por alterações na coluna toracolombar e do aparelho locomotor”. Encontrou que “alterações sugestivas de osteoartrite társica foram observadas em todos os grupos de idade estudados, sem diferença ( $P > 0,05$ ) entre as idades. Porém, **a severidade aumentou com o avançar da idade**”. E ainda, que “as alterações ultrassonográficas [da coluna] foram observadas em 98,27% dos animais (57/58) independente

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

da idade. A autora conclui que **a maioria dos animais realiza esforço desuniforme e inconstante ao longo do dia, devido a variação de peso, volume e trabalho efetivo**". (grifo nosso)

Portanto, os autores (Menegatti et al., 2010; Paz et al., 2013; Mariz, et al., 2014; Rezende et al., 2016), demonstraram cabalmente que **os petiços utilizados em tração urbana, na sua imensa maioria não atendem os requisitos mínimos nem mesmo para tração leve**. (grifo nosso.

## CONCLUSÕES

A física aplicada ao esforço produzido na tração e a conversão e quantificação matemática destes esforços permite avaliar as reais possibilidades de uso da tração animal na atualidade.

Estar ciente dos fenômenos que causam o movimento da carroça na via é possível apenas ser analisado em conjunto com as condições de construção da via, do cavalo e da própria carroça.

A resistência da carroça ao movimento, é proporcional ao peso da própria carroça em conjunto ao peso da carga e/ou passageiro.

A resistência ao movimento da carroça é a somatória do atrito interno, entre o eixo e os raios das rodas, e do atrito externo, entre os pneus e o solo da estrada. A resistência oferecida à força de tração do cavalo depende das características do solo, do volume da carga transportada e da construção da carroça.

A capacidade de tração de um animal aumenta com seu peso. Raças próprias para tração conseguem tracionar 12 a 15% do seu peso. Esta porcentagem se refere à capacidade do equino suportar pesos sobre a coluna, seja um cavaleiro, cargas sobre o dorso ou tração de arrasto.

Uma regra geralmente aceita é que um animal pode, ao longo de um dia de serviço, exercer uma tração constante em uma carga que equivale a aproximadamente um décimo (10%) de seu peso corporal e eventualmente até apenas 5%, para preservar sua saúde e a qualidade laboral. Finalmente, testes mostraram que cavalos de sela e mulas, fornecem cerca de 25% menos potência de tração que cavalos de tração. O que significa que ao ser elaborado cálculo de carga máxima permitida, deve haver uma redução de  $\frac{1}{4}$  do valor final. Jumentos conseguem tracionar apenas  $\frac{1}{3}$  da potência de tração. O relevo e o tipo de solo são fatores primordiais, no cálculo desses valores. O clima tropical reduz o número de horas que os animais vão trabalhar e reduz a intensidade esperada.

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

A carroça de duas rodas, usualmente utilizada no Brasil é uma tecnologia extremamente antiga, porém requer perícia na condução e manutenção apropriada, um ofício praticamente extinto.

O mesmo se refere aos cavalos, geralmente petiços ou mesmo animais de esportes equestres descartados, por doença ou velhice. Não são raças próprias para tração, por consequência sofrem uma subvida de intensa dor física e psíquica.

### Referências

ANDREEVSKIĬ, I.E.; ARSENYEV, K.; PETRUSHEVSKY, F. (Ed.). (1890-1907). Dicionário Enciclopédico de Brockhaus e Efron. São Petersburgo. Em 86 volumes.

EMPREGO da Cavalaria. Manual de Campanha C 2-15. (1950). Rio de Janeiro : Ministério da Guerra. 2ª tiragem, EGCF.

FANTINI, P. (2010). Avaliação toracolombar em equídeos de tração: estudo clínico, termográfico e ultrassonográfico. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

LERMANTOV, V.V. (1907). Construção de carruagens / Dicionário Enciclopédico de Brockhaus e Efron. São Petersburgo. Em 86 volumes.

LOGINOV, G.G.; AFANACIEV, P.E.; BOGOMOLOV, T.M.; DOLOTOV, R.A.; LEPECHKIN, N.S.; LEBEDEV, YU. V. (1993). Bota-sela! Material de ensino para cavalarianos. Moscou : Granitsa.

MARIZ, T.M.A.; ESCODRO, P.B.; DITTRICH, J.R.; SOUZA NETO, M.; LIMA, C.B.; RIBEIRO, J.S. (2014). Padrão biométrico, medidas de atrelagem e índice de carga de equídeos de tração urbana do município de Arapiraca, Alagoas. Archives of Veterinary Science, v.19, n.2, p.01-08. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/34085>>. Acesso: 15.nov.2017.

MENEGATTI, J.; DE LIMA, R. V. P.; PAOLINI, E.; FONTEQUE, J. H. (2010). Avaliação morfométrica de equinos de tração (carroceiro) pertencentes ao projeto de extensão “amigo do carroceiro” CAV-UDESC no município de Lages – SC. Anais da XI Conferência Anual da Associação Brasileira dos Médicos Veterinários de Equídeos - ABRAVEQ, 2010. São Paulo-SP. Revista Brasileira de Medicina Veterinária Mais Equina. Suplemento I, v.29, s.p.

MILLS, D. & NANKERVIS, K. (2005). Comportamento Equino. Princípios e Prática. Roca,

PAZ, C.F.R.; PAGANELA, J.C.; OLIVEIRA, D.P.; FEIJÓ, L.S.; NOGUEIRA, C.E.W. (2013). Padrão biométrico dos cavalos de tração da cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul. Ci. Anim. Bras., v.14, n.2, p. 159-163.

REZENDE, M.P.G.; SOUZA, J.C.; MOTA, M.C.; OLIVEIRA, N.M.; JARDIM, R.J.D. (2016). Conformação corporal de equinos de diferentes grupos genéticos. Produção Animal.

RIBEIRO, D. B. (1988). O cavalo: raças, qualidades e defeitos. Rio de Janeiro: Editora Globo, 318 p.

TANENBAUM, A.S. (1907). Caminho. / Dicionário Enciclopédico de Brockhaus e Efron.. São

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

Petersburgo. Em 86 volumes,

TORRES, A. P.; JARDIM, W. R. (1992). Criação do cavalo e de outros equinos. São Paulo: Livraria Nobel, 654 p.

WATSON, P.R.; Animal traction. In: Davis, R. & Chakroff, M.S. (Ed) Training and Development. Peace Corps. Washington : TransCentury, 1981.

WELLER, J. A. (1999a). "A History of Collar Harnessing in Source-Pictures". Disponível em: <http://www.humanist.de/rome/harnessing/collar.html> Acessado em 14/05/2021

WELLER, J. A. (1999b). ROMAN TRACTION SYSTEMS. Disponível em: <http://www.humanist.de/rome/rts/index.html> Acessado em 14/05/2121

YAKIMOVITCH, A.A. (1907). Mobilidade e capacidade de viragem da carroça. / Dicionário Enciclopédico de Brockhaus e Efron. São Petersburgo. Em 86 volumes.

YANOVSKII, A.E. (1907). Caminho. / Dicionário Enciclopédico de Brockhaus e Efron. São Petersburgo. Em 86 volumes.

## ANEXO

Quadro 1: Passos para calcular a carga.

- 1) Definir a ESPÉCIE EQUÍDEA: cavalo de raça de tração, cavalo de raça de sela, muar ou jumento.
- 2) Determinar o PESO do animal.
- 3) Determinar a FORÇA DE TRAÇÃO por espécie:
  - cavalo de raça de tração: 10%
  - cavalo de sela: 7,5%
  - muar: 7,5%
  - jumento: 3,3%

Em terrenos acidentados (aclives e declives) esta conversão deve ser reduzida em 1%, para compensar o esforço extra.

  - cavalo de raça de tração: 9%
  - cavalo de sela: 6,5%
  - muar: 6,5%
  - jumento: 2,3%

Se for trabalho de longa duração (dia inteiro)

  - cavalo de raça de tração: 5%
  - cavalo de sela: 3,75%
  - muar: 3,75%
  - jumento: 1,65%
- 4) Selecionar a porcentagem apropriada e transformar em decimal
- 5) Determinar o ESFORÇO DE TRAÇÃO, multiplicando a FORÇA DE TRAÇÃO pelo PESO
- 6) Determinar a GRANDEZA DE TRAÇÃO (tipo de solo):
  - Em terreno plano, quando em locomoção em estrada asfaltada é 1/25;
  - em estrada de terra batida de boa qualidade ou ruas pavimentadas irregularmente com pedras é 1/12;
  - em estrada de terra batida em condições precárias é de 1/6;
  - locomoção através do campo é de 1/4.
- 7) Multiplicar o ESFORÇO DE TRAÇÃO pelo inverso da GRANDEZA DE TRAÇÃO, obtendo assim o valor do peso da carga a ser tracionada.  
Exemplo: Jumento, 150kg, terreno acidentado, estrada de terra batida em condições precárias:  $150 \times 0,023 = 3,45 \times 6 = 20,7 \text{kg}$

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.*

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.*

**Quadro 2: Exemplo de cálculos a serem feitos para obter o peso da carga, por espécie e com peso estimado, como exemplo.**

	Peso (kg)	Força de tração terreno plano (%)	Força de tração terrenos acidentados (%)	Força de tração em trabalho de longa duração (%)	Inverso da grandeza de tração	Carga (kg)		
						Terreno plano	Terreno acidentado	Longa duração
Cavalo de raça de tração	850	10	9	5	25	2.125	1912,5	1.062,5
		(850x0,1 =85)	(850x0,09 =76,5)	(850x0,05 =42,5)	12 6 4	1020 510 340	918 459 306	510 255 170
Cavalo de sela	300	7,5	6,5	3,75	25	562	487,5	281,25
		(300x0,075 =22,5)	(300x0,056 =19,5)	(300x0,0375 =11,25)	12 6 4	270 135 90	234 117 78	135 67,6 45
Muar	300	7,5	6,5	3,75	25	562	487,5	281,25
		(300x0,075 =22,5)	(300x0,056 =19,5)	(300x0,0375 =11,25)	12 6 4	270 135 90	234 117 78	135 67,6 45
Jumento	150	3,3	2,3	1,65	25	123,75	86,25	61,875
		(150x0,033 =4,95)	(150x0,023 =3,45)	(150x0,0165 =2,475)	12 6 4	59,4 29,7 19,8	41,4 20,7 13,8	29,7 14,85 9,9

### SUGESTÕES DA PESQUISA DA EQUIPE EDITORIAL: Para conhecer mais, ver também neste periódico:

- PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE BEM-ESTAR DE EQUÍDEOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS/BRASIL, de *Bárbara Goloubeff, Anderson Pereira de Abreu* - [Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais](#), Salvador, v. 2, n. 2, 2019.
- CABEÇADAS E EMBOCADURAS NA EQUITAÇÃO: PROBLEMAS CLÍNICOS E COMPORTAMENTAIS OU DILEMA ÉTICO?, de *Cássia Bars Hering, Bárbara Goloubeff* - [Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais](#), Salvador, v. 3, n. 1, 2020.
- O BEM-ESTAR DE CAVALOS DE ESPORTE E DE CARGA, de *Bárbara Goloubeff, Cássia Bars Hering* - [Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais](#), Salvador, v. 4, n. 2, 2021.

*Revista Latino-Americana de Direitos da Natureza e dos Animais*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.

*Revista Latinoamericana de los Derechos de la Naturaleza y de los Animales*, Salvador de Bahía, v. 5, n. 1, p. 185-211, ene.-jun., 2022.

*Latin American Journal of Nature Rights and Animal Law*, Salvador, v. 5, n. 1, p. 185-211, jan.-jun., 2022.