UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

REVISÃO E APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA

(Apontamentos para uso dos Alunos)

JOSÉ OLIVEIRA PEÇA

ÉVORA

2015

INDICE

Resumo

Este trabalho destina-se a apoiar os estudantes do ramo das ciências agrárias na revisão de conceitos de física com relevância para os subsequentes aspectos relacionados com as máquinas agrícolas e com a mecanização agrícola.

São revistos os conceitos de força e equilíbrio estático bem como os conceitos de energia, potência e rendimento de uma transformação de energia. Os conceitos são revistos com aplicações simples e dirigidas às ciências agrárias.

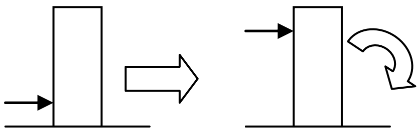
Este trabalho actualiza e completa a edição anterior de 2012 e destina-se a ser utilizado no contexto de disciplinas em cursos da Universidade de Évora, nomeadamente:
- *Mecanização Agrícola* (2006/07 até ao presente) – unidade curricular obrigatória do 3º semestre da licenciatura em Agronomia;
- *Princípios de Engenharia Aplicados à Ciência Animal* (2006/07 até ao presente) – unidade curricular obrigatória do 1º ciclo em Ciência e Tecnologia Animal.

1. Força

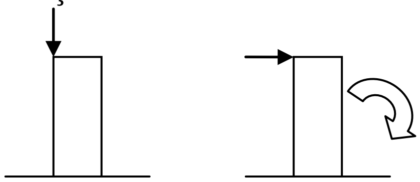
Força (*N*), usam-se ainda: *kN* (1000 *N*) e *daN* (10 **N**). Quando actuamos força num corpo provocamos movimento; alteração de movimento; deformação.

1.1. Atributos de Força:

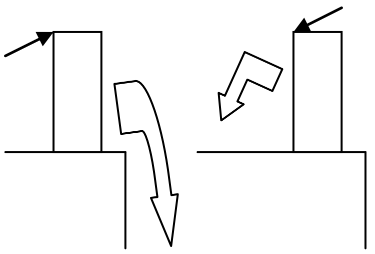
Ponto de aplicação



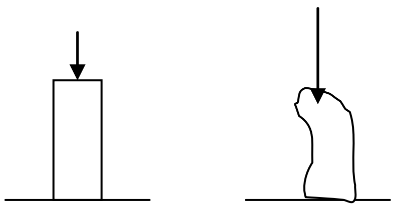
Direcção



Sentido

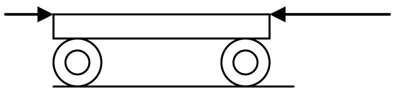


Intensidade



1.2. Sistemas de Forças

Um corpo está sempre sujeito a mais que uma força e por vezes há conveniência em representá-lo pela sua resultante:

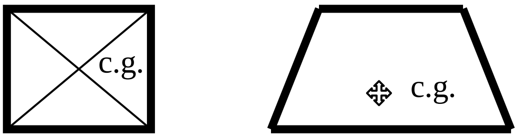


Para que lado vai o carrinho?

1.3. Peso do corpo

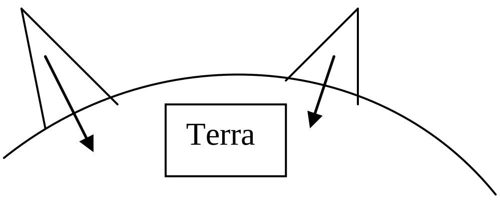
Num sistema de forças o peso do corpo é uma força sempre presente

Ponto de aplicação é o centro de gravidade (c.g.)



A posição do c.g. tem a ver com a distribuição da massa do corpo e por isso também é conhecido por centro de massa.

Direcção e sentido: vertical do lugar no sentido do centro da terra.



Intensidade

$P = m \times g$ sendo: P o peso (*N*); m a massa (*kg*); g a aceleração da gravidade (*m s*$^{-2}$).

Um corpo com 1 *kg* de massa pesa num lugar da terra em que a aceleração da gravidade seja 9.8 *m s*$^{-2}$:

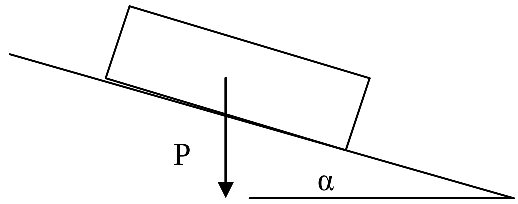
$P = 1 \times 9.8 = 9.8N$

Como 1 *daN* = 10 *N*, então 0.98 *daN* = 9.8 *N* .
Assim, um corpo com massa de 1 *kg* pesa 0.98 *daN* ≈ 1 *daN*.

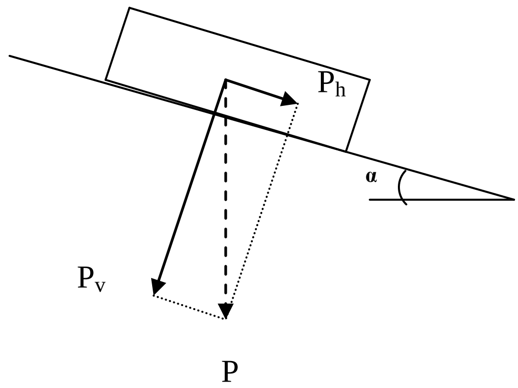
Podemos então afirmar que a massa (em *kg*) e o peso (em *daN*) de um corpo podem ser, aproximadamente, representados pelo mesmo número.

1.4. Decomposição de uma força em direcções do espaço.

Por vezes a compreensão sobre o efeito de uma força sobre um corpo, requer a decomposição da força em componentes:
Porque é que um objecto, devido ao seu peso, desliza num plano inclinado?



Façamos a decomposição do peso em duas direcções: uma direcção vertical ao plano; a outra, segundo o plano:



$P_v = P \times \cos \alpha$

$P_h = P \times \text{sen } \alpha$

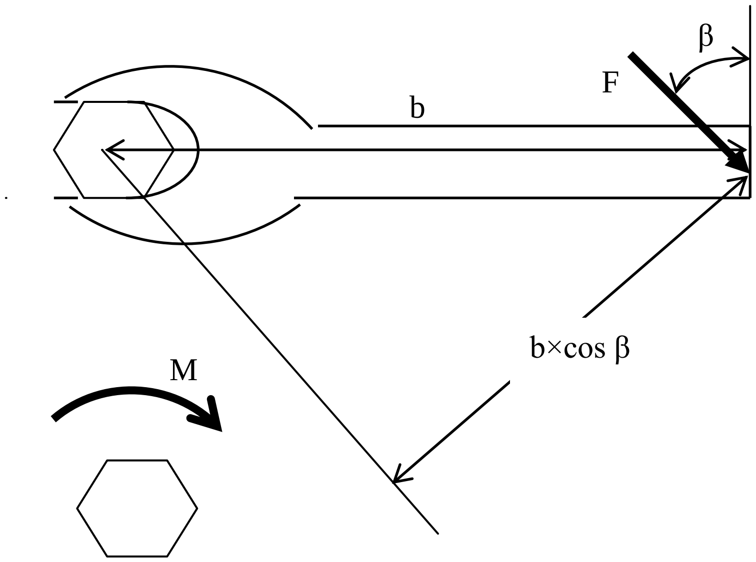
O objecto escorrega quando a força P_h for suficiente grande para vencer o **atrito** que existe no contacto do objecto com a superfície do plano inclinado.

1.5. Momento de uma força

O momento de uma força em relação a um ponto é o produto da força pela distância da força ao ponto, medida perpendicularmente à direcção da força. A unidade de momento de uma força é $N \times m$, normalmente representada por *Nm.*

No exemplo seguinte a a força F aplicada na chave-de-bocas, tem o ponto de aplicação à distância b do centro do parafuso. Esta força provoca um momento em relação ao centro do parafuso

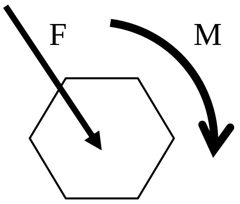
$M = F \times b \times \cos \beta$



É o **momento** M que induz **rotação** no parafuso.
Se para rodar o parafuso é necessário momento, então o aperto efectuado no parafuso é tanto maior quanto: mais força exercida (F); maior o comprimento do braço da chave (b); menor for o ângulo β, isto é a força deve ter uma direcção perpendicular ao braço da chave.

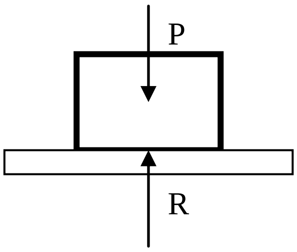
A acção de uma força (F) num ponto é equivalente a aplicar a força F nesse ponto e ao momento (M) da força em relação a esse ponto.

No exemplo anterior, a acção da força F aplicada na chave-de-bocas, em relação ao centro do parafuso, é equivalente à própria força aplicada no centro do parafuso e ao momento, M.



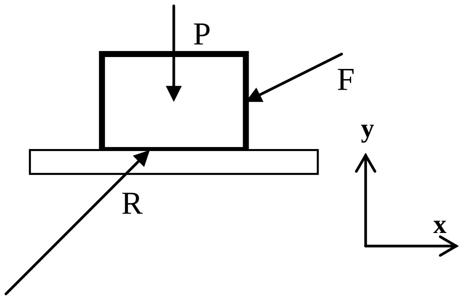
1.6. Força de contacto

Os objectos, ao apoiarem-se sobre outros objectos, recebem da parte destes **forças de contacto** denominadas: **reacções**.



Um corpo de peso P sobre uma superfície, recebe, da parte desta, uma reacção R. Note que R é uma força aplicada no corpo de peso P.

No caso geral um corpo pode estar solicitado por um sistema de forças onde constam forças aplicadas do exterior (F); o peso do corpo (P); a reacção (R).



Em muitos casos o sistema de forças aplicado num objecto tem apenas forças com direcção segundo duas direcções do espaço (por exemplo os eixos x; y de um referencial) e/ou forças que podem ser decompostas em componentes segundo essas duas direcções do espaço. É o caso do exemplo anterior. Estes são conhecidos como **casos planos**.
No entanto, no caso mais geral, objecto tem aplicado um sistema de forças em que estas podem ter qualquer das três direcções do espaço (x; y; z) e/ou forças que podem ser decompostas em componentes segundo essas direcções do espaço.

1.7. Equilíbrio estático (caso plano)

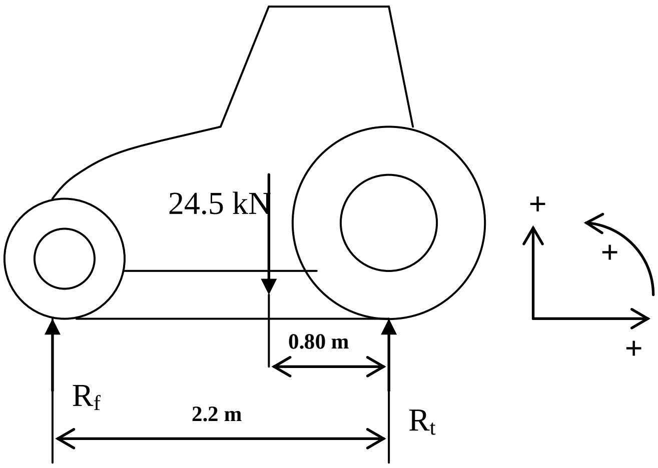
Admitamos um referencial x, y. Um objecto está em equilíbrio nesse referencial, quando, simultaneamente:
- O somatório das componentes segundo o eixo dos x de todas as forças do sistema de forças, for igual a zero;
- O somatório das componentes segundo o eixo dos y de todas as forças do sistema de forças, for igual a zero;
- O somatório dos momentos das componentes do sistema de forças segundo ambos os eixos, em relação a um ponto (qualquer), for igual a zero.

$$\Sigma F_x=0;\ \ \Sigma F_y=0;\ \ \Sigma M=0$$

1.7.1. Exemplos

Exemplo 1
A figura seguinte mostra um tractor agrícola (*agricultural tractor / farm tractor*) numa situação de equilíbrio:

O tractor tem 2.2*m* de distância entre-eixos (*wheel base*) e pesa 24.5*kN* (*tractor weight*), sem lastro (*ballast*), estando o centro de gravidade a 0.80*m* do eixo traseiro (*rear axle*).



Nesta situação o sistema de forças é constituído pelo peso próprio do tractor e pelas forças de contacto com o solo

Admitamos, por convenção, que são positivas todas as forças verticais com o sentido para cima e todas as forças horizontais (inexistentes neste caso) com o sentido para a direita.

$$\Sigma F_y = R_f - 24.5 + R_t = 0$$

Admitamos, por convenção, que os momentos das forças são calculados em relação ao ponto de contacto do pneu (*tyre*) traseiro com o solo; admitamos ainda, por convenção, que o sinal positivo é dado ao momento de uma força em relação ao ponto que conduza a uma rotação do objecto no sentido contrário aos dos ponteiros do relógio, em torno do ponto.

$$\Sigma M = - R_f \times 2.2 + 24.5 \times 0.80 - R_t \times 0 = 0$$

(note que as distâncias são sempre medidas perpendicularmente às forças)

A resolução deste sistema de duas equações a duas incógnitas permite calcular:

$R_f = 8.91$ *kN* e $R_t = 15.59$ *kN*

Verificámos que utilizando as equações de equilíbrio de um corpo podemos resolver problemas práticos. Note-se, no entanto, a resolução de um problema passa por conhecer alguns dados: no exemplo do cálculo da carga sobre cada eixo de um veículo (*axle load*), as incógnitas eram R_f e R_t, **mas todos os outros parâmetros existentes nas equações têm de ser conhecidos *a priori***.

O peso próprio do veículo pode ser encontrado nas suas especificações; a distância entre-eixos é medida com uma fita métrica.

A posição do centro de gravidade em relação ao eixo traseiro não está, normalmente, incluída nas especificações e depende, como é óbvio, do tipo de veículo. Caso não seja conhecida, pode assumir-se que os tractores agrícolas de 4 rodas motrizes (*four wheel drive*), 4RM (*4WD*) têm a distância do c.g. ao eixo traseiro igual a ≈40% da distância entre-eixos.

<u>É fundamental que o aluno se aperceba que este exemplo lhe acaba de revelar a diferença entre um problema de formação académica (todos os dados relevantes oferecidos) e um problema real em que os dados pertinentes têm de ser procurados.</u>

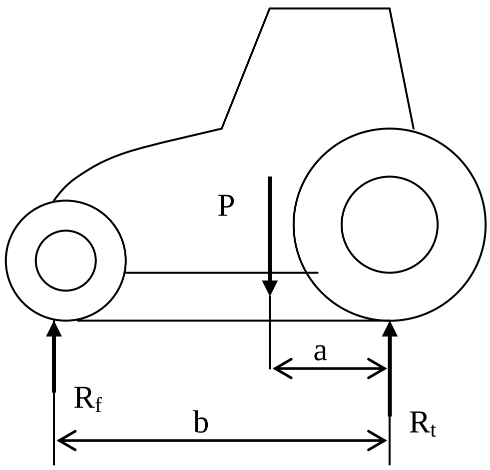
<u>Frequentemente, tem de se optar por encontrar o instrumento que meça directamente o que se pretende conhecer, uma vez que chegar ao objectivo por um processo de cálculo é muito trabalhosos ou, então, difícil a angariação de valores.</u>

No exemplo apresentado, pode recorrer-se a uma báscula de pesagem por eixos (*weighing pads;*):

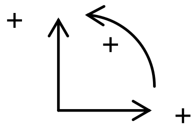
A colocação de qualquer eixo sobre o tabuleiro permitirá a medição da reacção que o solo efectua sobre esse eixo (ou seja da acção que o eixo faz sobre o solo).

Exemplo 2
Uma báscula pode ser utilizada para conhecer o posicionamento longitudinal do c.g. do tractor:

Bastará colocar sucessivamente o eixo frontal e o eixo traseiro sobre o tabuleiro da báscula, medindo-se, desta forma, R_f e R_t, respectivamente.



Admitamos a convenção:



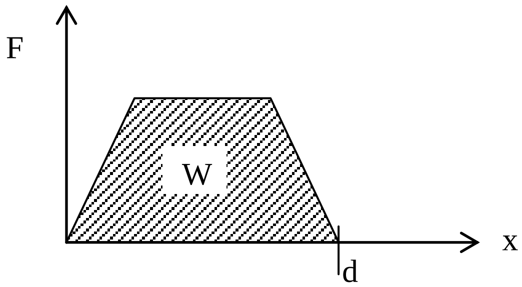
Uma vez que **b** pode ser medido e P é a soma das reacções medidas na báscula, então basta resolver a equação de equilíbrio em ordem a **a**:

$$- R_f \times b + P \times a = 0$$

2. Energia

2.1. Trabalho de uma força

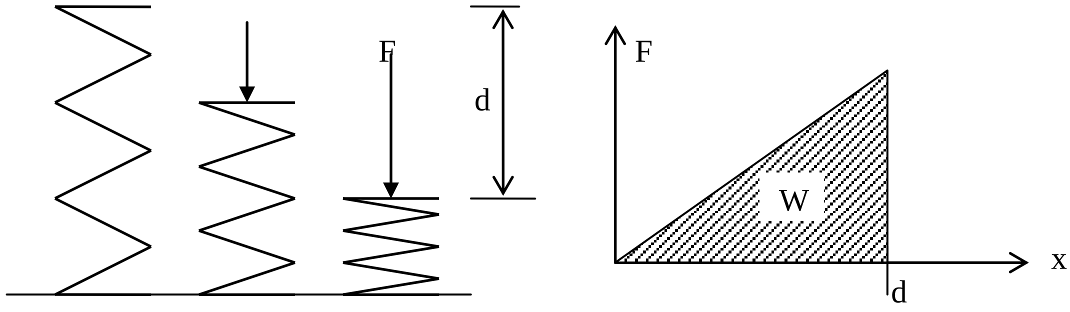
Trabalho de uma força **F**(x) que se desloca de uma distância **d**, segundo a sua direcção:



$$W = \int_0^d F(x)dx$$

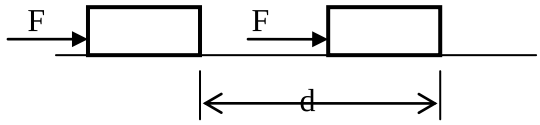
Exemplo: o trabalho necessário para comprimir a mola helicoidal, sabendo que a força **F** necessária para comprimir uma mola helicoidal varia linearmente com a deformação efectuada:

$$F = k\ x$$

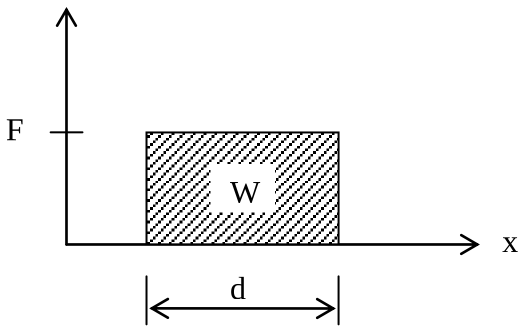


$$W = \int_0^d kx\,dx = \tfrac{1}{2} kd^2$$

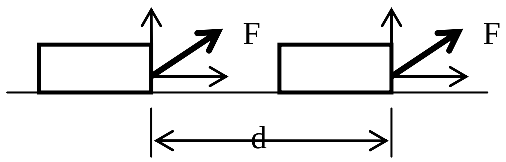
Se a força for constante, o trabalho da força **F** que se desloca de uma distância **d**, segundo a sua direcção, é:



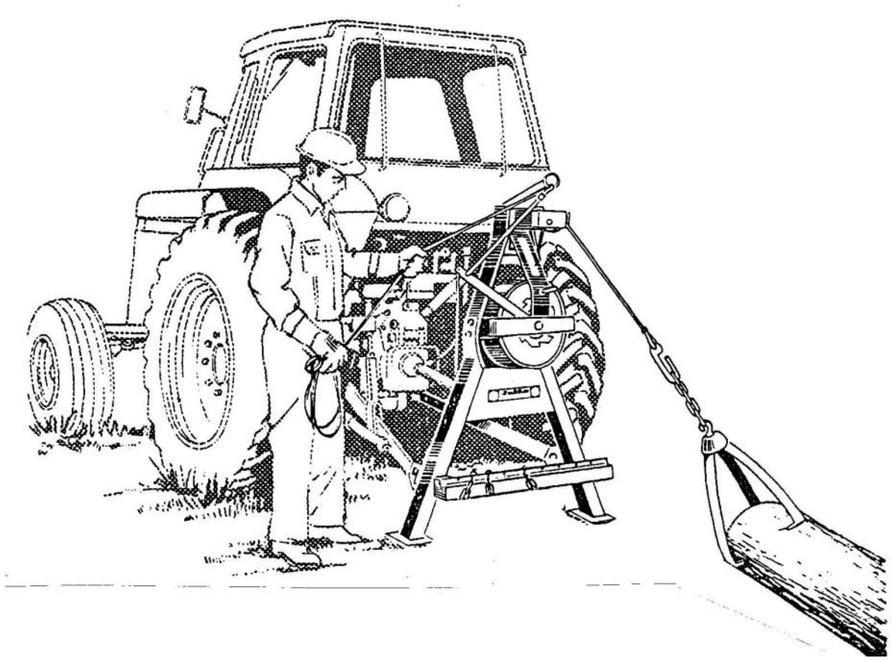
$$W = F \times d$$
$$(J)\ (N)\ (m)$$



Se a força aplicada não tiver a direcção do deslocamento, só a componente da força segundo o deslocamento produzirá trabalho necessário ao deslocamento. A componente perpendicular não contribui para o deslocamento.

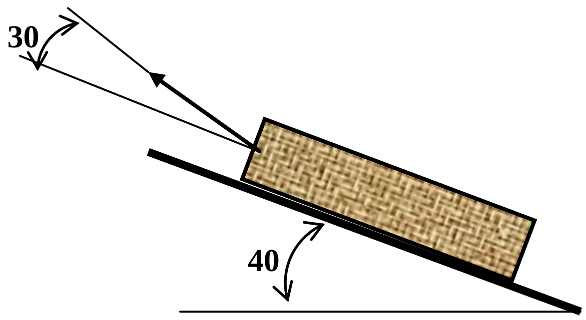


Exemplo: A figura mostra um guincho utilizado na movimentação de troncos de árvore (*logging winch*). Um tambor accionado pela tomada de força do tractor, enrola o cabo de aço que se prende ao tronco.



http://apacheforest.com/video.html
http://www.farmiforest.fi/index.php/Skidding-winches/Farmi-winches.html

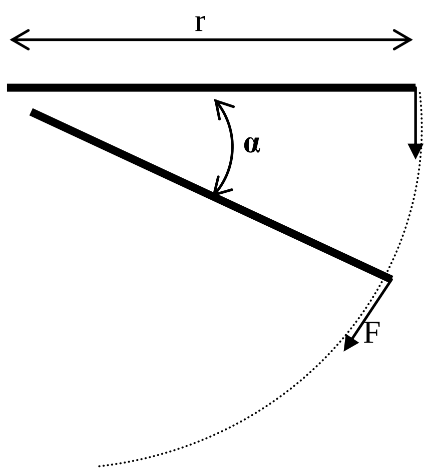
Admita que o cabo exerce a força de 30*kN*, como mostra a figura:



Que energia é fornecida ao tronco para um deslocamento de 40*m* no declive?

Energia = $30kN \times \cos 30° \times 40m = 1039.23kJ$

2.2. Trabalho de um momento



O trabalho da força **F** constante é o produto da força pelo seu deslocamento **d**. Este é um arco de circunferência, de raio **r** e de abertura **α** (medida em radianos).

$$W = F \times d = F \times r \times \alpha$$
(*J*) (*N*) (*m*) (**N**) (*m*) (*rad*)

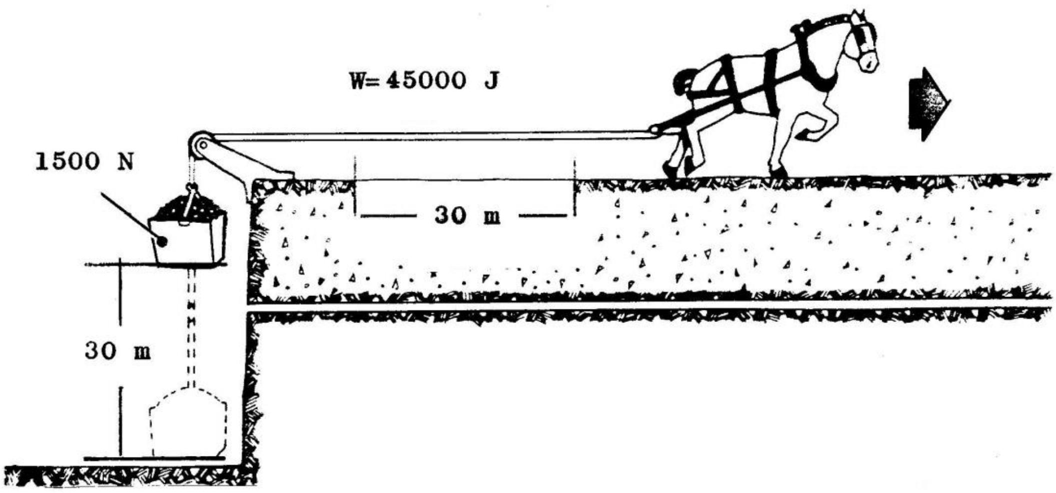
Uma vez que M = F × r é o momento da força F em relação ao centro de rotação, então:

O trabalho de um momento constante ao longo de um ângulo α, é:

$W = M \times \alpha$

sendo W em *Joule* (*J*), M em *Nm* e α em *radianos*.

2.3. Trabalho mecânico produz energia

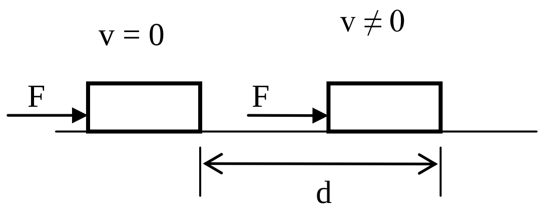


No exemplo anterior a tracção produzida pelo cavalo ao longo de 30*m* de deslocamento em movimento uniforme, produziu <u>energia mecânica potencial</u> da carga, igual a:

$$m \times g \times h = 1500N \times 30m = 45000J$$

O trabalho de uma força foi transformado em energia mecânica potencial.

Num outro exemplo, admita que uma força é aplicada num corpo de massa **m** inicialmente em repouso. A força é mantida durante um certo tempo **t**, o que provoca o deslocamento do corpo, o qual acelera e atinge a velocidade **v.**



O trabalho realizado produziu <u>energia cinética</u> no corpo de valor:

$$E = \tfrac{1}{2}mv^2$$

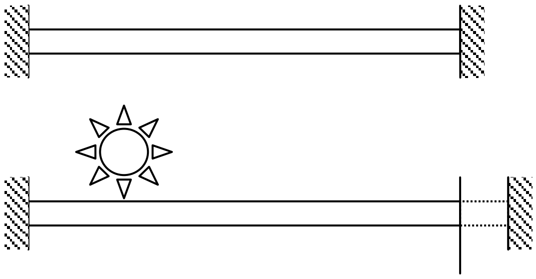
O trabalho de uma força foi transformado em energia mecânica cinética.

2.4. Energia produz trabalho mecânico

http://www.wikco.com/khfpd.html

O bate-estacas (*fence post driver*) da figura anterior, usado na colocação de postes de vedação, é um exemplo de aplicação do conceito que energia produz trabalho mecânico. A energia potencial do maço é convertida em trabalho da força que o poste exerce no solo (força×enterramento).

Muitos exemplos existem da forma como a energia calorífica produz trabalho de uma força. Muito frequente, contudo passando despercebido, é o fenómeno da dilatação dos corpos. De facto, uma barra metálica exposta ao calor do sol (energia) dilata (deslocamento das suas extremidades) entre aos seus apoios, exercendo força nestes e, portanto, produzindo trabalho.



2.5. Trabalho mecânico uma forma de manifestação de energia

Vimos que o trabalho de uma força se transforma em energia e que, reciprocamente a energia se pode transformar em trabalho.
Trabalho e energia são manifestações da mesma realidade e têm as mesmas unidades, o Joule.
São ainda usuais as seguintes unidades para trabalho ou energia:

Watt-hora (Wh) 1Wh = 3600 J

kilowatt-hora (kWh) 1 kWh = 3600 kJ

2.6. Rendimento de uma transformação de energia

Retomemos o exemplo mencionado em 2.1; o trabalho da força exercida através do cabo destina-se a elevar os troncos numa distância de 40*m* no plano inclinado, o que corresponde a um deslocamento na vertical de:

$$h = 40m \times \text{sen } 40° = 25.71m$$

Admita que a massa do tronco é 2111*kg*.

O tronco ao subir no declive aumenta a sua energia potencial de:

$m \times g \times h = 2111kg \times 9.8ms^{-2} \times 40m \times \text{sen } 40° = 531914J = 531.9kJ$

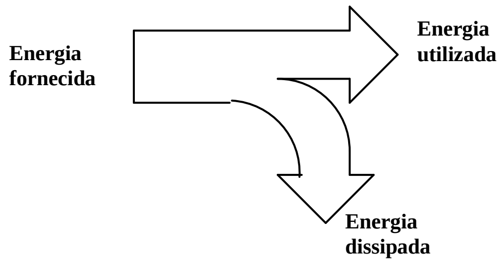
Repare, no entanto, que a energia fornecida ao tronco é igual a 1039.23*kJ*.

Qual a razão por que se teve de fornecer de energia de valor 1039.23*kJ*, quando só seria necessário 531.9*kJ* para elevar o tronco?

A resposta está no atrito dos troncos no solo ao serem arrastados. Teve portanto de se fornecer um excesso de energia a qual foi dissipada em atrito.

Assim, neste exemplo, temos:

ENERGIA FORNECIDA = 1039.23*kJ*
ENERGIA UTILIZADA = 531.9*kJ*
ENERGIA DISSIPADA = 507.33*kJ*



No entanto note que:

ENERGIA FORNECIDA = ENERGIA UTILIZADA + ENERGIA DISSIPADA

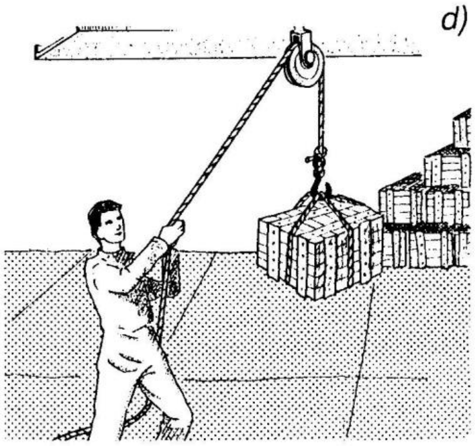
isto é, existe **CONSERVAÇÃO DA ENERGIA TOTAL**, ou dito por outras palavras, *na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma*.

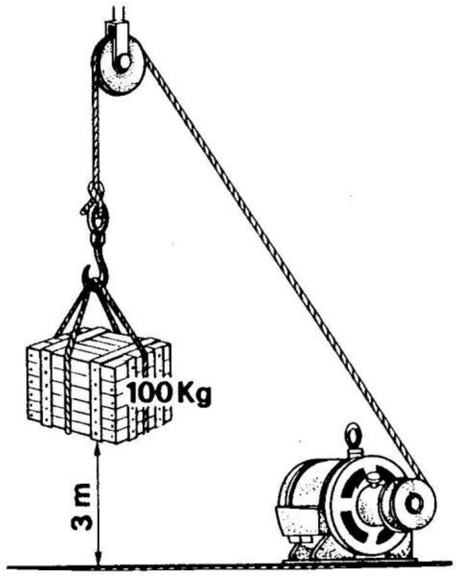
A desigualdade entre energia fornecida e a utilizada leva a introduzir o conceito de rendimento energético:

$$\eta = \frac{Energia.util.(utilizada)}{Energia.motora.(fornecida)} \times 100$$

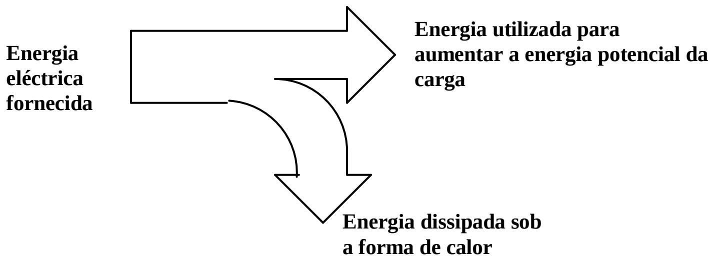
Para produzir trabalho de uma força é necessário despender energia, e tanto mais quanto maior for a inevitável dissipação de energia.

A energia fornecida pode ter várias fontes e passar por diversas transformações intermédias.



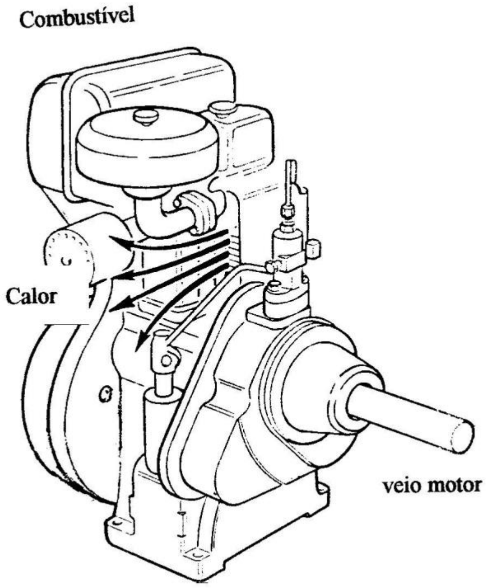


Quanto à forma de dissipação de energia, assume particular relevância a dissipação sob a forma de atrito e calor.
No exemplo acima, à direita, a energia eléctrica utilizada no motor eléctrico é transformada em energia potencial da carga e em dissipação sob a forma de calor (o motor eléctrico aquece).



2.7. Rendimento e consumo específico de um motor Diesel

Num motor Diesel dá-se a transformação da energia calorífica contida no combustível (gasóleo) em <u>trabalho de um momento</u> no veio do motor.



A massa de 1*g* de gasóleo pode, teoricamente, produzir 45319*J* de energia. No entanto, 1*g* de gasóleo introduzido num motor Diesel produz uma quantidade de energia útil (trabalho no veio), **bastante inferior**. Qual a razão?
Uma grande parte da energia do combustível transformou-se em calor, constituindo a energia dissipada.

Rendimento de um motor Diesel = $\eta_e = \dfrac{energia.no.veio.por.g.de.gasoleo.(J)}{45319(J)}$

ou seja,

Energia no veio por g de gasóleo (J) = 45319 × η_e

atendendo a que 1 kilowatt-hora (*kWh*) é igual a 3600*kJ* = 36 x $10^5 J$, então:

Energia no veio por g de gasóleo (kWh) = $\dfrac{45319\eta_e}{3600000} = \dfrac{\eta_e}{79.437}$

Denomina-se **consumo específico (C_e)** de um motor à massa (*g*) de combustível que é necessário introduzir no motor para produzir 1*kWh* de trabalho útil no seu veio.
O $\mathbf{C_e}$ é portanto o inverso da expressão anterior, ou seja

$$\mathbf{C_e} = \frac{79.437}{\eta_e}$$

O consumo específico (rendimento de um motor Diesel) não tem um valor único. O valor depende das condições em que o motor está a desempenhar trabalho, como mais tarde se verá.

3. Potência

A potência média produzida (consumida) num intervalo de tempo (t_2-t_1), é o quociente da energia produzida (consumida) pelo intervalo de tempo:

$$Potência\ \ média = \frac{\int_{x_1}^{x_2} F dx}{t_2 - t_1}$$

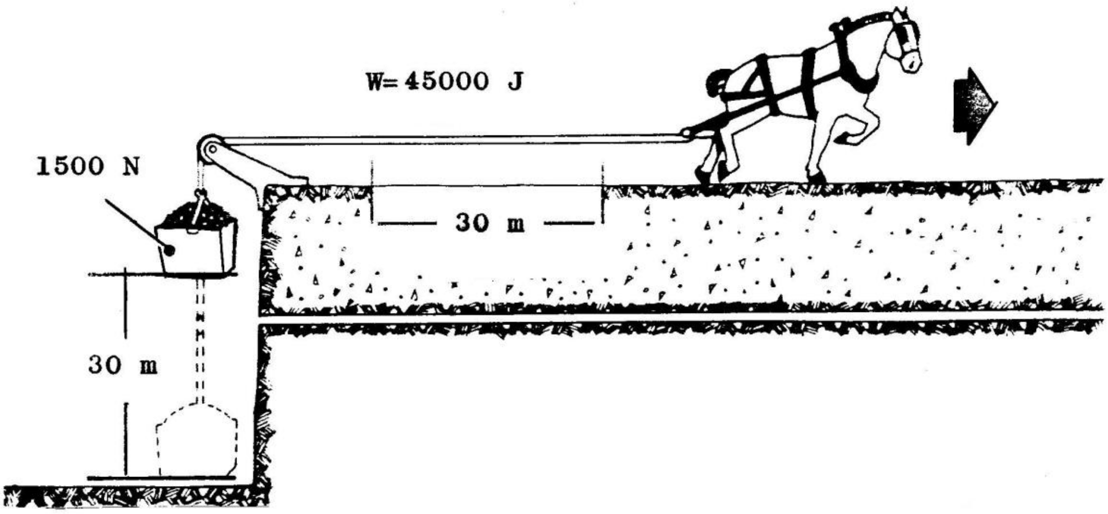
No caso da força F ser constante, teremos:

$$Potência\ \ média = \frac{F(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1} = F \times v_{med}$$

A potência média, em *Watt*, produzida ou consumida por uma força constante, num intervalo de tempo, é igual ao produto da força, em *Newton*, pela velocidade média de deslocamento, em ms^{-1}.

No exemplo seguinte admitamos que o cavalo eleva a carga em 60 segundos. Para elevar a carga foi utilizada a energia de 45000*J* em 60*s*. Para elevar a carga foi utilizada a seguinte potência:

$$Potência\ \ média = \frac{45000}{60} = 750W$$

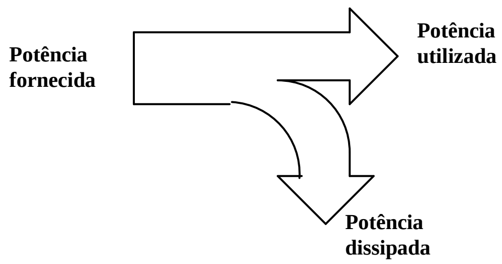


De outra forma - a carga de 1500*N* é deslocada a uma velocidade média de $0.5ms^{-1}$ (uma vez que percorre 30*m* em 60*s*); para elevar a carga foi utilizada a seguinte potência:

Potência média = $1500N \times 0.5ms^{-1} = 750W$

3.1. Rendimento de uma transmissão de potência

No exemplo anterior, ainda que fossem apenas necessários 750W para elevar a carga, o cavalo teve que fornecer um valor superior de potência. Tal deve-se ao facto de ter havido dissipação de potência por atrito na roldana, bem como por flexão no cabo.



No entanto note que:

POTÊNCIA FORNECIDA = POTÊNCIA UTILIZADA + POTÊNCIA DISSIPADA

isto é, *na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma*.

A desigualdade entre potência fornecida e a utilizada leva a introduzir o conceito de rendimento de uma transmissão de potência, η (%):

$$\eta = \frac{Potência \;\; util \;\; (utilizada)}{Potência \;\; motora \; (\, fornecida)} \times 100$$

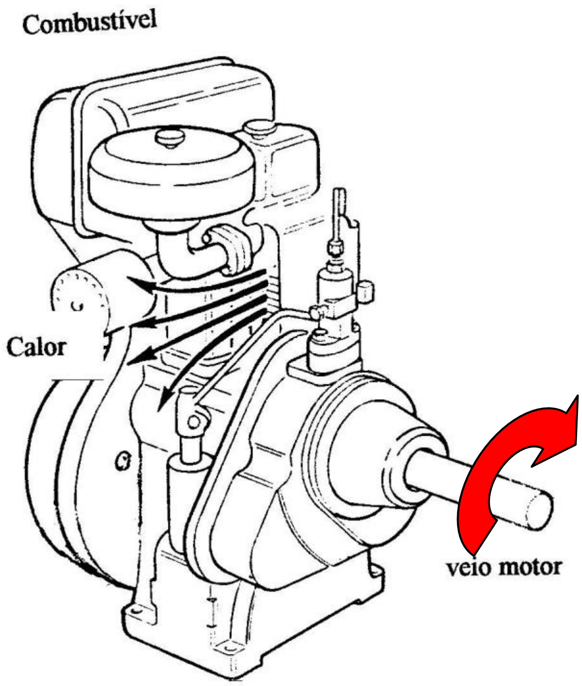
3.1.1. Motores

Máquinas que produzem potência chamam-se motores. Os motores eléctricos e os motores de combustão interna são os mais vulgares na actividade agrícola.

Estes motores produzem no seu veio motor um momento médio, M, que ao rodar de um ângulo α, num intervalo de tempo Δt, produz:

Energia: $W = M \times \alpha$

Potência: $$Potência \;\; média = \frac{W}{\Delta t} = M \times \frac{\alpha}{\Delta t} = M \times \omega$$



Assim, potência (W) é o produto do momento (Nm) pela velocidade angular ($rad\ s^{-1}$).

$$Potência\ \ média = M \times \omega$$

Frequentemente a velocidade de rotação dos motores é indicada em rotações por minuto (*rpm*):

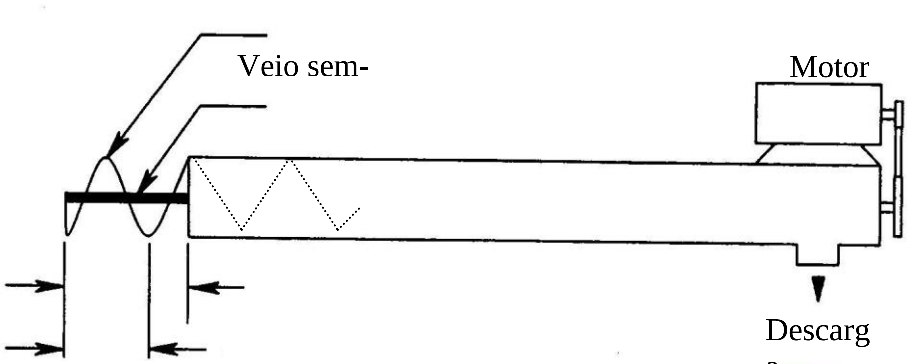
Conta-rotações (mostrador central) do tractor Massey Ferguson 5465. A leitura faz-se multiplicando por 100 o número indicado (neste caso 800rpm)

A relação entre n (*rpm*) e ω - velocidade angular ($rad\ s^{-1}$) é dada pela seguinte expressão:

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30}$$

3.1.2. Exemplo

Transportadores sem-fim destinam-se a tarefas de elevação e transporte de materiais, nomeadamente grãos (*auger type grain elevator*). São frequentemente actuados por motores eléctricos:



Em ceifeiras-debulhadoras estes transportadores tomam o nome de "tubo de descarga" e são actuados por um motores hidráulicos.

Tractores e Equipamentos Automotrizes (2012/13) – Herdade da Cabida – S. Manços, Évora.

Em semi-reboques de transbordo estes transportadores são actuados por uma transmissão proveniente da tomada-de-força do tractor que os reboca:

Tractores e Equipamentos Automotrizes (2012/13) – Herdade da Cabida – S. Manços, Évora.

Teoricamente a energia útil (utilizada) para a elevação h de uma massa m, é dada pelo aumento da energia potencial.

$$W = m \times g \times h$$

Se essa elevação se tiver de realizar num intervalo de tempo Δt, então a potência útil é:

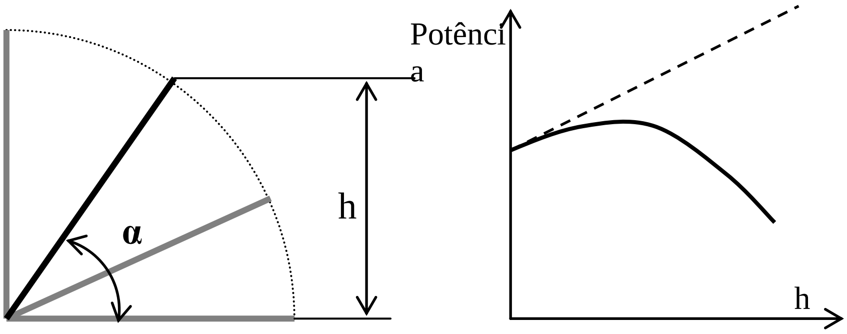
$$Potência\ útil = \frac{m \times g \times h}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t} \times g \times h = Q \times g \times h$$

Na expressão anterior Q é o caudal de massa a transportar ($kg\ s^{-1}$), g a aceleração da gravidade ($9.8 m\ s^{-2}$) e h a altura de elevação (*m*).

Naturalmente haverá que fornecer uma potência superior (potência motora), atendendo ao facto de existir potência consumida para vencer atritos, nomeadamente:
(i) Potência consumida no atrito interno dos órgãos constituintes própria máquina. Esta parcela é evidenciada quando, mesmo em vazio, (sem transportar material) é necessário fornecer potência para movimentar o sem-fim
(ii) Potência consumida no atrito desenvolvido no material a transportar e na sua interacção com as paredes do transportador e com o sem-fim. Esta parcela é evidenciada quando, mesmo na horizontal (h=0), se tem de fornecer potência para realizar o transporte.
Assim:

POTÊNCIA FORNECIDA = (Q×g×h) + POTÊNCIA CONSUMIDA EM ATRITO

Para um valor de caudal Q de determinado material (grão), admitindo um valor constante de potência consumida em atrito, a expressão anterior leva-nos a concluir que a potência a fornecer aumente de forma linear com a altura de elevação. Isto é quanto mais inclinado estiver o transportador, mais potência requer para elevar o caudal Q. Porém, à medida que se inclina o transportador, diminui o caudal que este consegue elevar (refluxo descendente de grão). Assim sendo para ângulos maiores a potência requerida ao motor é de facto menor.



α – ângulo de inclinação do transportador; h – altura de elevação do transportador

Contudo o mais importante é conhecer quanto se paga por *kg* de grão transportado Assim:

ENERGIA FORNECIDA = (m×g×h) + ENERGIA DISSIPADA EM ATRITO

Assim a ENERGIA FORNECIDA POR *kg* DE GRÃO

$$\frac{Energia\ \ fornecida}{m} = g \times h + \frac{Energia\ dissipada\ em\ atrito}{m}$$

Para um determinado material (grão), admitindo um valor constante de energia consumida em atrito por *kg* de grão, a expressão anterior leva-nos a concluir que a energia a fornecer, por *kg* de grão, aumente de forma linear com a altura de elevação (h). Isto é quanto mais inclinado estiver o transportador, mais energia (mais €) se requer para elevar 1kg de grão.
Mais leitura sobre transportador sem-fim:
http://osuextra.okstate.edu/pdfs/F-1105web.pdf

4. Unidades

Relembram-se seguidamente algumas grandezas e suas unidades de interesse para as ciências agrárias.

Grandezas físicas básicas do sistema SI:

Grandeza	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s

Grandezas físicas complementares ou derivadas:

Grandeza	**Unidade**	**Símbolo**	**Significado**
ângulo plano	Radiano	*rad*	-
velocidade	metro por segundo	$m\ s^{-1}$	-
aceleração	metro por seg. quadrado	$m\ s^{-2}$	-
Força	Newton	*N*	$kg \times m\ s^{-2}$
Energia	Joule	*J*	$N \times m$
Potência	Watt	*W*	$J\ s^{-1}$
Pressão	Pascal	*Pa*	$N\ m^{-2}$

Prefixos decimais

Símbolo	**Prefixo**	**Valor para a unidade**
M	mega	10^{6}
k	quilo	10^{3}
h	hecto	10^{2}
da	deca	10
d	deci	10^{-1}
c	centi	10^{-2}
m	mili	10^{-3}
μ	micro	10^{-6}

Outras grandezas relevantes:

Grandeza	**Símbolo**
velocidade de rotação	$rad\ s^{-1}$
Caudal de massa	$kg\ s^{-1}$
massa específica	$kg\ m^{-3}$
Área coberta na unidade de tempo	$m^{2}\ s^{-1}$

Outras unidades de uso corrente:

Grandeza	**Unidades**	**Símbolo**	**Conversão para S.I.**
Área	hectare	*ha*	$10^{4}\ m^{2}$
Volume	Litro	*L*	$10^{-3}\ m^{3}$
Ângulo plano	grau	^{o}	π / 180 *rad*
Energia	kilowatt hora	*kWh*	3.6 *MJ*
Potência	Horsepower	*hp*	0.746 *kW*
Rotação	Rotações por minuto	*rpm*	π / 30 $rad\ s^{-1}$
Pressão	Libra / polegada quadr. Bar	*Psi* *bar*	6.895 *kPa* 100 *kPa*

http://en.wikipedia.org/wiki/Conversion_of_units

4.1. Problemas de aplicação

1) Um prestador de serviços planeia um serviço de enfardar 50*ha* de palha de cereal.

Ceifeira-debulhadora seguida de enfardadeira de alta densidade

Uma avaliação no campo permitiu verificar que a palha estava encordoada, deixada no campo pela ceifeira debulhadora de 5*m* de largura de trabalho. Em média havia 4*kg* de palha por metro de comprimento de cordão.
a) Qual a massa de palha por hectare? (resp. 8000*kg/ha*)

Admita que o prestador de serviços efectua fardos de 300kg e consegue, em média executar 78 fardos por hora (já incluindo os tempos mortos):
b) Quanto tempo levará a efectuar a operação para a totalidade da área. (resp. 17.1 horas).

c) A experiência do prestador de serviços permite estimar um consumo de 31 litros de gasóleo por hora no trabalho de enfardar. Sabendo que o tractor tem um depósito de 300 litros, diga se tem autonomia para um dia de trabalho (8*h*). (resp. Sim, autonomia superior a 9 horas).

2)

Enfardadeira de fardos redondos

Um prestador de serviços, em face de um campo de forragem para enfardar como feno-silagem verifica:

- Distância entre cordões = 6*m*;
- A massa existente por metro de comprimento de cordão = 7.8*kg*;

Nos primeiros minutos de operação verifica:

- Execução de um fardo, cada minuto e meio;
- Percorre, em média 87*m* de cordão para formar um fardo

a) Quantos fardos executa por hora? Resp. 40;
b) Quantos hectares são enfardados por hora? Resp. 2.09*ha*;
c) Qual a produção em toneladas por hectare? Resp. 13*ton/ha*;
d) Admitindo que os fardos têm, em média 1.23*m* de aresta e 1.25*m* de diâmetro, calcule, o valor médio da massa específica dos fardos. Resp: 450$kg\ m^{-3}$.

3) Um semeador tem 48 linhas e 12.5*cm* de entrelinha. A capacidade da tremonha é de 2200 litros.

Semeador de fluxo contínuo com distribuição de semente em corrente de ar

a) Admitindo que se desloca a 10*km/h*, diga quantos hectares poderá, teoricamente, semear por hora.
Resp.: 6*ha*

b) Admitindo uma massa de um hectolitro de trigo 79.7*kg*, diga quantos sacos **completos** de 500*kg* de semente podem ser vazados para dentro da tremonha em cada reabastecimento. Resp. 3 sacos.

Carregador telescópico no manuseamento de cargas

c) Admitindo que se pretende semear com uma densidade de sementeira de 180*kg/ha*, diga quantos sacos de trigo de 500*kg* são necessários para semear 100*ha* . Resp. 36 sacos.

d) Admitindo que as manobras de cabeceira, o tempo necessário para reabastecimento da tremonha e o tempo consumido em regulações e manutenções, conduz a que, na realidade, apenas 80 % da área encontrada na alínea a), seja efectivamente coberta por hora, diga qual é a capacidade de trabalho do semeador em ha/h . Resp.: 4.8*ha/h*.

e) De acordo com os resultados das alíneas b) e d) e admitindo que no final de cada dia de trabalho se pretende terminar com a tremonha do semeador vazia, diga quantos hectares se conseguem efectuar por dia (+/- 8 horas) e quantos reabastecimentos da tremonha se realizam.
Resp.: 41.67*ha*, com 5 reabastecimentos (8h 40 min)

f) Em face da resposta da alínea anterior, quantos dias serão necessários para a sementeira de 100*ha*?
Resp.: cerca de 2 dias e meio

4) Admita que o tegão (*grain tank*) de uma ceifeira-debulhadora está cheio e que, através de um tubo de descarga, rebatível, o grão é transferido para o veículo de transporte.

- O tegão tem 10.5m^3 de capacidade.
- O tubo de descarga permite transferir 110 litros por segundo de um cereal que tem a massa volúmica de 47lb/ft^3.

a) Quanto tempo demora a transferência do cereal do tegão para um semi-reboque com caixa de dimensão 5.5*m*×2.3*m*×0.9*m*?

b) Qual a massa, **em *kg***, de uma transferência completa de cereal?

Nota: 1 litro = 1dm^3 ; 1*lb*=0.4536*kg* ; 1*ft* = 0.3048*m*