

(status)	Revisado (Rô Bigattão) /Yara
(seção)	Custos e Tarifas
(título)	Impacto da densidade das mercadorias sobre os custos do transporte
(autor do texto)	Neuto Gonçalves dos Reis¹
(olho)	Calcular e cobrar pelo espaço que as mercadorias ocupam durante o transporte tornam o preço do frete mais justo, equilibrado e mais rentável para toda a cadeia de Logística.
(foto)	
(autor da foto)	
(legenda foto)	
texto a ser destacado	(em azul)

Juntamente com a distância e o peso, a densidade da mercadoria constitui fator fundamental para a determinação do seu custo do transporte. Entenda-se por densidade (kg/m^3), o valor obtido dividindo-se o peso da carga, em quilogramas pelo seu volume em metros cúbicos. O volume da carga (m^3) é calculado multiplicando-se o comprimento pela largura e pela altura (em metros) que a mercadoria ocupa dentro do veículo. Para facilitar o cálculo da densidade, existem equipamentos que pesam e cubam a mercadoria ao mesmo tempo, de maneira dinâmica. Um exemplo é o Cargo Scan, da Toledo, composto de balança, aparelho de medição de volume e duas esteiras, uma de entrada, outra de saída.

Impacto sobre o custo

No livro “*Logística Empresarial, o processo de integração da cadeia de Suprimentos*”, de 2001, Bowersox e Closs, professores da Universidade do Estado do Michigan e duas das maiores autoridades mundiais em Logística, deixam claro que:

- Os veículos, geralmente, têm mais limitação de espaço do que de peso.
- Uma vez lotado o veículo, não é mais possível aumentar a quantidade a ser transportada, ainda que a carga seja leve.
- Como os custos operacionais não são substancialmente afetados pelo peso, cargas de maior densidade permitem que custos relativamente

fixos do transporte sejam diluídos por pesos maiores. Como resultado, estas cargas incorrem em custos mais baixos por unidade de peso.

- *Mutatis Mutandis*, os custos são bastante onerados por cargas de menor densidade. Como resultado, estas cargas incorrem em custos mais altos por unidade de peso.
- O custo do transporte aumenta exponencialmente à medida que a densidade da carga diminui.
-

Recomendações do Manual

Baseado nestes princípios, o Manual de Cálculo de Tarifas e Formação de Preços da NTC&Logística recomenda que as tarifas básicas por tonelada sejam calculadas levando-se em conta cargas cuja densidade permita ao veículo completar o seu limite de peso bruto antes que se esgote a sua capacidade volumétrica.

Se isso não ocorrer, o veículo vai completar sua lotação volumétrica antes de alcançar sua capacidade em peso. Ou seja, o custo da viagem, que se mantém praticamente o mesmo, deverá ser coberto por um número menor de toneladas transportadas. Isso encarecerá o custo por tonelada, que será onerado por uma espécie de tonelagem virtual ou não aproveitada. Exemplo: um veículo projetado para trabalhar com 300 kg/m^3 vai levar apenas metade da tonelagem se a carga tiver densidade de apenas 150 kg/m^3 , pois metade da tonelagem deixou de ser aproveitada.

O coeficiente de acréscimo de cubagem, pelo qual se multiplica o frete normal ou a tonelagem, deve ser calculado da seguinte forma:

$$CA = DI / DP$$

CA = Coeficiente de acréscimo (multiplicador)

DI = Densidade ideal em kg/m^3

DP = Densidade do produto a ser transportado em kg/m^3

Especialmente no transporte de cargas completas, a mercadoria de baixa densidade significa elevado custo adicional por tonelada transportada. Neste caso, a aplicação do adicional de cubagem sobre o frete por tonelada é inevitável.

No transporte de carga fracionada, existe sempre o recurso de se combinar cargas mais pesadas (lastro) com mercadorias mais leves (arrumadas sobre o lastro). No final, este *mix* pode até proporcionar uma densidade média satisfatória. Não é justo, no entanto, que um produto que ocupe 2 m^3 pague o mesmo frete de outro de mesmo peso que ocupe apenas 1 m^3 .

No caso da carga líquida, os tanques devem ser dimensionados levando-se em conta a densidade real do produto a ser transportado, para que possam trafegar sempre cheios. Isso não só melhora a estabilidade do veículo como dispensa a aplicação do fator de cubagem. Uma alternativa é a contratação do frete por viagem ou por volume. Cargas líquidas de baixa densidade, como mudanças, álcool e derivados de petróleo, por exemplo, já têm seus fretes calculados por metro cúbico.

Densidade ideal

Existe, para cada meio de transporte, veículo ou mesmo categoria de veículos, uma densidade ideal, que corresponde à capacidade de carga líquida dividida pelo volume do compartimento de carga. No caso do transporte aéreo o volume ideal é de 6.000 cm^3 por quilograma de carga. Isso equivale a aproximadamente $166,7 \text{ kg/m}^3$.

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos limita a 4.800 cm^3 o volume máximo por quilo, o que corresponde à densidade mínima de aproximadamente $208,3 \text{ kg/m}^3$. No transporte rodoviário de carga, o padrão tradicional é de 300 kg/m^3 . Este valor foi fixado levando-se em conta que um caminhão para 12 t de carga comportava 40 m^3 de volume. Isso equivale a aproximadamente $3,33 \text{ m}^3$ por tonelada de carga.

Da mesma forma, um veículo trucado com capacidade para 15 t de peso e 50 m^3 de capacidade volumétrica terá densidade ideal de 300 kg/m^3 . Assim como uma carreta para 27 t de peso e 90 m^3 de volume terá densidade ideal de 300 kg/m^3 .

Tendência: aumento da capacidade volumétrica dos caminhões

Bowersox e Closs enfatizam que os esforços das indústrias para aumentar a densidade das cargas mais leves resultam em custos de transportes mais baixos. No entanto, a redução da densidade constitui tendência mundial das duas últimas décadas. Isso gerou uma tendência paralela de se elevar a capacidade volumétrica dos caminhões novos.

O movimento ECR, por exemplo, já especifica carretas para 30 pallets, com 2,65 m de altura e cerca de 15,30 m de comprimento, cuja capacidade supera 97 m^3 . Da mesma forma, o aumento do limite do comprimento total dos caminhões trucados, de 12 m para 14 m, permite carroçarias com mais de 60 m^3 de capacidade. Recentemente, o comprimento máximo dos conjuntos cavalo mais semi-reboque foi aumentado de 18,15 para 18,60 m.

Além do mais, as próprias transportadoras costumam adaptar a capacidade volumétrica dos seus veículos à densidade média das cargas transportadas. Um bom exemplo é o uso de carreta de apenas dois eixos para o transporte de cargas fracionadas.

Assim, veículos mais novos podem ser construídos para menores densidades ideais de carga. No entanto, como a renovação de veículos tem sido muito lenta e a frota brasileira é muito velha (16,3 anos, chegando a 21,1 anos no caso de veículos de transportadores autônomos, segundo a ANTT), ainda não há condições para se reduzir esta densidade ideal.

Para calcular o fator acréscimo, deve-se, portanto, dividir 300 pela densidade da mercadoria:

$$CA = 300 / DP$$

CA = Coeficiente de acréscimo (multiplicador)

300 = Densidade ideal em kg/m^3

DP Densidade do produto a ser transportado em kg/m^3

Os resultados deste cálculo estão na tabela e no gráfico.

Peso cubado

Uma maneira prática de se levar em conta a densidade consiste em se aplicar a tabela de frete-peso não ao peso real da mercadoria, mas sim ao chamado peso cubado, obtido pela multiplicação do volume da mercadoria por 300 kg/m^3 .

Por exemplo: uma mercadoria com 0,60 m de altura, 0,23 m largura e 0,62 m de comprimento, pesando 8 kg, segundo a nota fiscal, teria peso cubado de 25,66 kg:

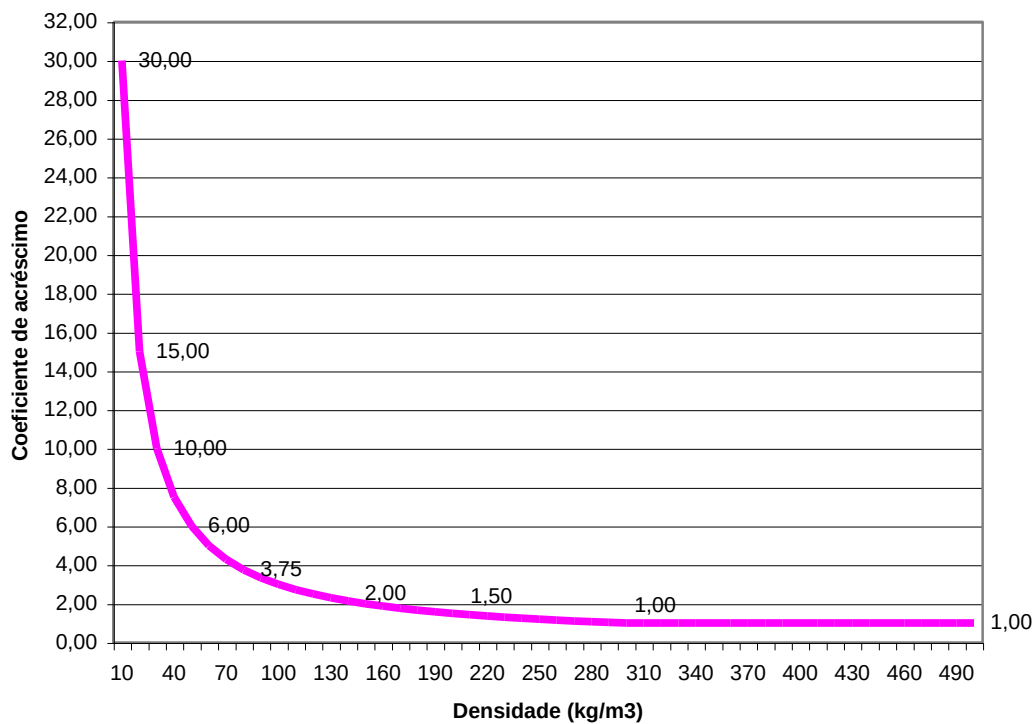
$$0,60 \text{ m} \times 0,23 \text{ m} \times 0,62 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^3 = 25,66 \text{ kg}$$

Se essa mercadoria não fosse cubada, a transportadora estaria perdendo o frete equivalente a 17,66 kg por embalagem ($25,66 \text{ kg} - 8,00 \text{ kg}$), pois o espaço adicional não poderá ser ocupado por outra mercadoria.

Fatores de cubagem para densidade ideal de 300 kg/m^3			
Densidade (kg/m^3)	Fator de cubagem	Densidade (kg/m^3)	Fator de cubagem
1	300,00	90	3,33
2	150,00	95	3,16
3	100,00	100	3,00
4	75,00	105	2,86
5	60,00	110	2,73
6	50,00	120	2,50

7	42,86	130	2,31
8	37,50	140	2,14
9	33,33	150	2,00
10	30,00	160	1,88
15	20,00	170	1,76
20	15,00	180	1,67
25	12,00	190	1,58
30	10,00	200	1,50
35	8,57	210	1,43
40	7,50	220	1,36
45	6,67	230	1,30
50	6,00	240	1,25
55	5,45	250	1,20
60	5,00	260	1,15
65	4,62	270	1,11
70	4,29	280	1,07
75	4,00	290	1,03
80	3,75	300	1,00
85	3,53	Mais de 300	1,00

**Variação do custo com a densidade da mercadoria
(para densidade ideal de 300 kg/m3)**



Lei da Física

Existe base legal para se cobrar a cubagem? Na verdade, como no mercado de transporte impera a livre negociação, inexistente qualquer legislação que oficialize a cobrança não só deste, mas também de outros componentes do frete, como o frete-valor, a taxa de gerenciamento de risco, a taxa de dificuldade entrega, etc.

No entanto, trata-se de prática mundial, chamada de *curb-out* pela literatura norte-americana. Além disso, por se tratar de fenômeno dos mundos da Física (dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço) e da Micro-economia (o custo da viagem cai muito pouco com a redução da tonelagem da carga), o impacto da densidade das mercadorias nos custos do transporte, a exemplo da Lei da Gravidade e da Lei da Oferta e da Procura, independe da vontade do legislador.

Para não se tornar gravosa, cada viagem precisa ser remunerada pelo seu custo acrescido da taxa de lucro. O frete por tonelada resulta da divisão deste valor pela capacidade do veículo. No entanto, se apenas 2 t de carga volumosa lotam um veículo cuja capacidade em peso é de 10 t, não resta dúvida de que, para preservar o equilíbrio econômico e financeiro da viagem, cada tonelada deve pagar cinco vezes o preço normal, pois não há como acomodar no mesmo veículo as 8 t faltantes. Em suma, cria-se, com isso, uma espécie de “tonelagem virtual”, posta à disposição do cliente, porém não utilizada, em virtude das características da carga.

1. O autor é mestre em Engenharia de Transportes pela USP de São Carlos, jornalista especializado em transportes, coordenador Técnico da NTC&Logística, membro titular da Câmara Temática de Assuntos Veiculares do CONTRAN, coordenador das 48 JARI do DER-SP e professor de Custos Logísticos da Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP).