



Planejamento de Transportes Demanda por Transporte

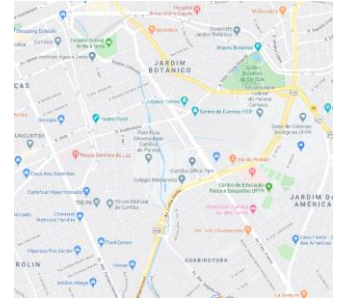


Diego Fernandes Neris

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

O que é a demanda por transporte?

É o desejo de uma pessoa (ou grupo de pessoas) de locomover alguma coisa (a si próprio, outras pessoas ou cargas), de um lugar para outro.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Transporte é algo que satisfaz?

Demanda por transporte: deriva da demanda por outras atividades.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

• *Aumentada*

• *Ex: Propagandas de certos meios de transporte*

• *Reduzida*

• *Ex: Instalação de telefone em uma residência.*

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Algumas pessoas se veem impedidas de ter sua demanda satisfeita

- *Distância ou tempo longos*
- *Tarifa elevada*
- *Nível de serviço muito baixo*

DEMANDA REPRIMIDA



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Porque estudar demanda por transporte?

• *Pessoas necessitam de transporte para se engajarem em alguma atividade;*

• *A demanda por transporte dessas pessoas ou empresas nem sempre coincide em origem, destino, frequência, modalidade, veículo, etc.;*

• *Vias, veículos, terminais são geralmente caros;*

• *Satisfazer a demanda de todos é uma tarefa difícil, se não impossível, quando os recursos são limitados*



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Porque estudar demanda por transporte?

- O atendimento da demanda deve evitar injustiças ou o desperdício de recursos.
- Ajuda a estabelecer prioridades no atendimento e a dimensionar a oferta.
- A possibilidade de reprimir ou liberar a demanda pode ser utilizada como instrumento da política de transporte.

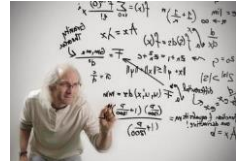


3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Análise de demanda por transporte

Processo pelo qual se procura compreender os determinantes da demanda, como eles interagem e como afetam a evolução do volume de tráfego.

Os resultados desta análise são relações, frequentemente apresentadas na forma de modelos matemáticos.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Objetivo da análise de demanda por transporte

O principal objetivo da análise de demanda é compreender os determinantes da demanda e a maneira como eles interagem e afetam a evolução do volume de tráfego.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Duas mudanças básicas estão ocorrendo na análise de demanda por transporte:

- Mudança na metodologia e no processo de planejamento que ocorrem gradualmente e alteram o papel da análise de demanda no planejamento.
 - Planejamento de transporte vem sendo considerado um processo político.
- Mudança no estado da arte da análise de demanda.
 - Microcomputadores de grande capacidade.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

Teoria do consumidor:

- Utilidade total:
 - Aumento da satisfação com o aumento do consumo de um bem.
- Utilidade Marginal:
 - Satisfação adicional. Tende a diminuir ao passo que se consome mais um bem, até chegar à saturação.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

Em termos matemáticos:

- A um consumidor estão disponíveis os bens 1, 2, ..., n, cujos preços unitários são, respectivamente, p_1, p_2, \dots, p_n .
- A escolha do consumidor é transformada em um problema de maximização de uma função (função utilidade para Marshall ou índice cardinal de utilidade para Hicks e Samuelson), designado por $u(x_1, x_2, \dots, x_n)$, sujeito a restrição orçamentária (R).

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

Ou seja:

Maximizar

$$u(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeita a

$$p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots + p_n \cdot x_n = R$$

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

A condição de equilíbrio do consumidor, é atingida quando as razões entre as utilidades marginais dos bens (u_i') e os preços correspondentes forem todas iguais:

$$u_1'/p_1 = u_2'/p_2 = \dots = u_n'/p_n = L$$

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

• Transporte pode ser incluído no conjunto de bens e serviços adquiridos por um consumidor.

• Se o transporte é considerado uma atividade secundária, o usuário de transportes não está interessado na quantidade, e sim na qualidade.

Qualidade significa:

- Rapidez
- Segurança
- Conforto

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Teoria sobre o comportamento do usuário de transporte:

Podemos então dizer que um indivíduo deseja maximizar a utilidade u , dada a restrição orçamentária R , ou seja:

$$\text{Maximizar: } u(Q_t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\text{Sujeita a: } \pi \cdot Q_t + p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots + p_n \cdot x_n = R$$

π indica o custo por unidade de qualidade, e é função do modo de viagem e da distância. Para uma dada distância, π varia apenas com o modo de viagem.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Para estimar o volume de viagens que ocorre entre um par de regiões, por determinado motivo e modo de viagem:

• É preciso conhecer a DEMANDA TOTAL naquele par de origem e destino.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

ATUAL volume de tráfego

• Contagem do volume existente.

FUTURO volume de tráfego

• Analisar a variação ocorrida no volume de tráfego daquela ligação, ao longo do tempo, e projetá-la para uma data futura

• Analisar fatores que possivelmente influenciam no volume de tráfego de uma ligação, estudar a forma como essa influência se dá, projetar aqueles fatores para uma data futura e, finalmente, estimar o provável volume de tráfego futuro.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Influenciam no nível de utilização de um componente do sistema de transporte:

- Atributos socioeconômicos (população, empregos)
- Custo de uso dos componentes (modos de transporte)
- Nível de serviço dos componentes (modos de transporte)

Projetar para uma data futura e estimar o provável volume de tráfego futuro

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

OBJETIVO:

Especificar uma função de demanda que represente o volume de viagens que ocorrem entre um par de origem e destino por um determinado modo de viagem, em função de características, fatores, ou atributos.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot X_3^\delta \cdot X_4^\epsilon \cdot \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha + \beta \cdot X_1 + \gamma \cdot X_2 + \delta \cdot X_3 + \epsilon \cdot X_4 + \dots$$

$$Q_{ijm}^n = \alpha \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \cdot \dots \cdot X_n^\eta \cdot e^{\theta_0 + \theta_1 \cdot X_p + \theta_2 \cdot X_q + \dots}$$

Onde:

Q_{ijm}^n : é o volume de usuários que vão de i a j ,
por motivo n , usando o modo m

X_i : são as variáveis do modelo

As letras gregas são os parâmetros do modelo

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Calibrar um modelo significa:

Estimar os parâmetros do modelo de maneira que ele possa reproduzir, ao menos no âmbito dos dados utilizados na calibração, os valores da variável dependente quando se substitui no modelo as variáveis independentes correspondentes.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Calibração:

- Dados de série temporal
- Dados de série espacial



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Predição com modelos de demanda

- Predição do futuro volume de tráfego
 - Propósito mais comum para se formular e estimar modelos de demanda
- Investigar novas estratégias gerenciais (tais como mudanças no preço)
- Planejamento de grandes investimentos que requerem previsões de longo prazo.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Estimativa de modelos de demanda:

Predição com modelos de demanda

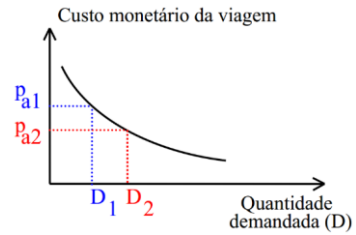
Com um modelo de demanda em mãos, a predição do futuro volume de tráfego pode ser feita da seguinte forma:

- Definição de possíveis cenários futuros
- Representação dos cenários futuros em termos de variáveis incluídos no modelo de demanda
- Cálculo da demanda futura substituindo os futuros valores das variáveis no modelo

Os valores correspondentes a cenários otimista e pessimista fornecem os limites de variação, inferior e superior.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curva de demanda do mercado:



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Função demanda:

Demanda por viagens entre par origem-destino depende de:

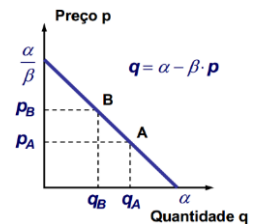
- Nível e distribuição de renda
- Características socioeconômicas

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Função demanda:

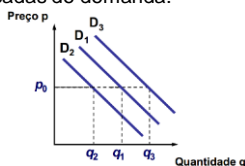
Características:

- Inclinação negativa:
 - Aumento do preço, redução na "vontade" de viajar
 - Redução no preço, aumento no número de viagens
- Mudanças no número de viagens: Curto prazo



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Funções deslocadas de demanda:



Mudanças na quantidade consumida

- Função de outros parâmetros
 - Aumento ou redução da renda média
 - Número de viagens varia mesmo sem variação no preço p_0

Mudanças na função de demanda: Longo prazo

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda:

Apesar de muito útil, a curva de demanda não tem a versatilidade de um modelo matemático que permite mostrar a influência de dezenas de variáveis, isoladamente ou em conjunto, sobre o volume de tráfego.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

Exemplo: Suponha uma função multiplicativa de demanda D que representa a demanda diária de viagens de São Carlos para Araraquara por motivo de trabalho, por automóvel.

$$D_{auto} = k \cdot H_{SC}^{\alpha} \cdot E_{AR}^{\beta} \cdot R_{SC}^{\gamma} \cdot P_a^{\delta_a} \cdot P_b^{\delta_b} \cdot P_t^{\delta_t} \cdot T_a^{\epsilon_a} \cdot T_b^{\epsilon_b} \cdot T_t^{\epsilon_t} \cdot C_a^{\theta_a} \cdot C_b^{\theta_b} \cdot C_t^{\theta_t}$$

Onde:

- H_{SC} : População de São Carlos
- E_{AR} : Número de empregos em Araraquara;
- R_{SC} : Renda per capita de São Carlos
- P_a, P_b e P_t : Custo de viagem em automóvel, ônibus e trem, respectivamente;
- T_a, T_b e T_t : Tempo de viagem em automóvel, ônibus e trem, respectivamente;
- C_a, C_b e C_t : Conforto em automóvel, ônibus e trem, respectivamente.

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

Exemplo: Suponha uma função multiplicativa de demanda D que representa a demanda diária de viagens de São Carlos para Araraquara por motivo de trabalho, por automóvel.

Após estudos das variáveis chegou-se ao modelo abaixo:

$$D_{auto} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{SC}^{0,8} \cdot E_{AR}^{1,0} \cdot R_{SC}^{1,5} \cdot P_a^{-0,9} \cdot P_b^{0,5} \cdot P_t^{0,05} \cdot T_a^{-0,7} \cdot T_b^{0,2} \cdot T_t^{0,03} \cdot C_a^{0,9} \cdot C_b^{-0,1} \cdot C_t^{-0,01}$$

Considerando as variáveis fixas, exceto o custo monetário da viagem em automóvel:

$$D_{auto} = k_1 \cdot P_a^{-0,9}$$

Onde:

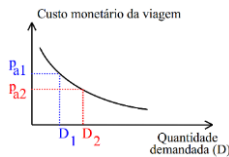
- 1: constante
- P_a : custo de viajar com automóvel

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

$$D_{auto} = k_1 \cdot P_a^{-0,9}$$

A partir do modelo acima, podemos representar uma curva de demanda semelhante à verificada abaixo:



Atenção: "k1" representa um conjunto de variáveis!

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

Podemos verificar que a demanda pode não ser influenciada pelo custo de viagem de automóveis (como no exemplo anterior)

$$D_{auto} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{SC}^{0,8} \cdot E_{AR}^{1,0} \cdot R_{SC}^{1,5} \cdot P_a^{-0,9} \cdot P_b^{0,5} \cdot P_t^{0,05} \cdot T_a^{-0,7} \cdot T_b^{0,2} \cdot T_t^{0,03} \cdot C_a^{0,9} \cdot C_b^{-0,1} \cdot C_t^{-0,01}$$

Interpretação:

Se a população de São Carlos ou oferta de empregos em Araraquara aumentar: Aumento da demanda

Se reduzir o tempo de viagem de automóvel: Aumento na demanda

Se aumentar o tempo de viagem por ônibus: Aumento da demanda

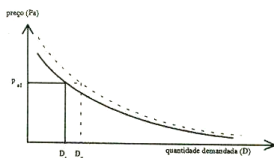
...

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

Podemos verificar que a demanda pode não ser influenciada pelo custo de viagem de automóveis (como no exemplo anterior).

$$D_{auto} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{SC}^{0,8} \cdot E_{AR}^{1,0} \cdot R_{SC}^{1,5} \cdot P_a^{-0,9} \cdot P_b^{0,5} \cdot P_t^{0,05} \cdot T_a^{-0,7} \cdot T_b^{0,2} \cdot T_t^{0,03} \cdot C_a^{0,9} \cdot C_b^{-0,1} \cdot C_t^{-0,01}$$



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Elasticidade da demanda:

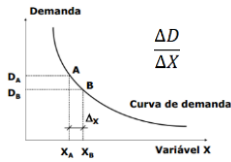
Varição na demanda quando variamos 1% da variável!

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

A demanda "D" é função de uma variável "X"

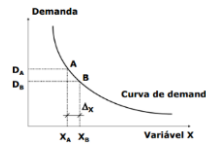
• O que acontece com a demanda se o "X" variar?



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Modelo de Kraft.



$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta X}{X}} = \frac{X}{D} \times \frac{\Delta D}{\Delta X}$$

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta X}{X}} = \frac{X}{D} \times \frac{\Delta D}{\Delta X}$$

A elasticidade é calculada em um intervalo muito pequeno!

$$\varepsilon = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{X}{D} \times \frac{\Delta D}{\Delta X} = \frac{X}{D} \times \left. \frac{\partial D}{\partial X} \right|_{X=X_A}$$

ε = Elasticidade da demanda D em relação à variável X, no ponto X = X_A

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

A elasticidade pode ser em relação a:

- Um ponto
- Um trecho de reta (elasticidade linear)
- Um trecho de arco (elasticidade no arco)

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Se:

$\varepsilon = 0$: demanda perfeitamente inelástica

$0 < \varepsilon < 1$: demanda inelástica

$\varepsilon > 1$: demanda elástica

$\varepsilon \rightarrow \infty$: demanda perfeitamente elástica

(em módulo)

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Exemplo: Demanda D (ton/ano) pode ser expressa em função do preço p (US\$/ton).

$$D = a_0 \times p^{a_1}$$

Sendo:

$$a_0 = 0,7 \times 10^8$$

$$a_1 = -0,8$$

Sabendo que $p = 500$ US\$/ton e $D = 554516$ ton, o que acontece com a demanda, se o preço aumenta 10%?

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Exemplo: Sabendo que $p = 500$ US\$/ton e $D = 554516$ ton, o que acontece com a demanda, se o preço aumenta 10%?

$$\epsilon = \frac{p}{D} \times \frac{dD}{dp} = \frac{p}{a_0 p^{a_1}} \times a_0 a_1 p^{a_1-1} = a_1 = -0,8$$

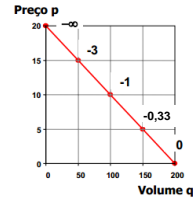
Portanto a elasticidade da demanda em função do preço é -0,8. Ao variar o preço em +1% a demanda varia -0,8%

R: Aumentando o preço em 10%, a demanda reduz em 8%

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

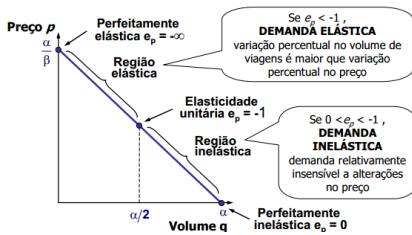
Exemplo: Seja a função demanda $q = 200 - 10p$. Achar a elasticidade da demanda $q = 0, 50, 100, 150$ e 200 viagens para $p = 20, 15, 10, 5$ e 0 centavos.



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Elasticidade em funções lineares:



3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Elasticidade linear (não instantânea):

Quando deseja-se determinar a elasticidade entre dois pontos em uma função demanda.

$$e_p = \frac{\partial q}{\partial p} \times \frac{p}{q} = \frac{Q_1 - Q_0}{P_1 - P_0} \times \frac{(P_1 + P_0)}{(Q_1 + Q_0)}$$

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Conceito de elasticidade da demanda:

Elasticidade linear (não instantânea):

Exemplo: Qual a elasticidade para esta variação de preços?
Preço = R\$5 para 20 visitas/ano
Preço = R\$6 para 16 visitas/ano

$$e_p = \frac{\partial q}{\partial p} \times \frac{p}{q} = \frac{Q_1 - Q_0}{P_1 - P_0} \times \frac{(P_1 + P_0)}{(Q_1 + Q_0)}$$

$$e_p = \frac{16 - 20}{6 - 5} \times \frac{6 + 5}{16 + 20} = \frac{-4}{1} \times \frac{11}{36} = -1,22$$

ELÁSTICA

3. DEMANDA POR TRANSPORTE

Curvas de demanda X Modelos matemáticos:

Voltando ao problema de deslocamento diário de São Carlos para Araraquara por motivo de trabalho, qual é a elasticidade da demanda em relação ao custo monetário da viagem por automóvel?

$$D_{auto} = 8,18 \cdot 10^{-9} \cdot H_{SC}^{0,8} \cdot E_{AR}^{1,0} \cdot P_{SC}^{1,5} \cdot P_a^{-0,9} \cdot P_b^{0,5} \cdot P_t^{0,05} \cdot T_a^{-0,7} \cdot T_b^{0,2} \cdot T_t^{0,03} \cdot C_a^{0,9} \cdot C_b^{-0,1} \cdot C_t^{-0,01}$$

$$D_{auto} = k_1 \cdot P_a^{-0,9}$$



Obrigado!



Diego Neris
diego.neris@ufpr.br

DTT/UFPR Departamento de Transportes
Universidade Federal do Paraná