



PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

STT0182 Mobilidade Urbana e Redes de Transporte

Prof. Antônio NÉLSON Rodrigues da Silva

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Transportes



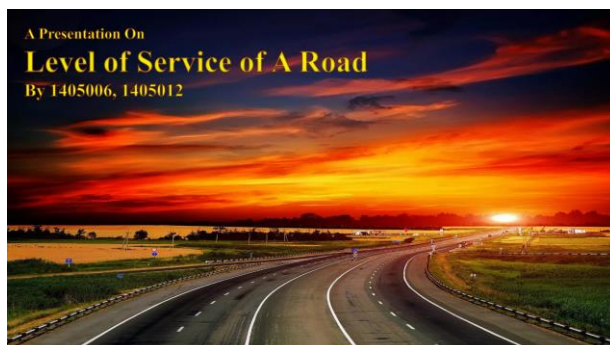
PREVER E PROVER



NÍVEL DE SERVIÇO



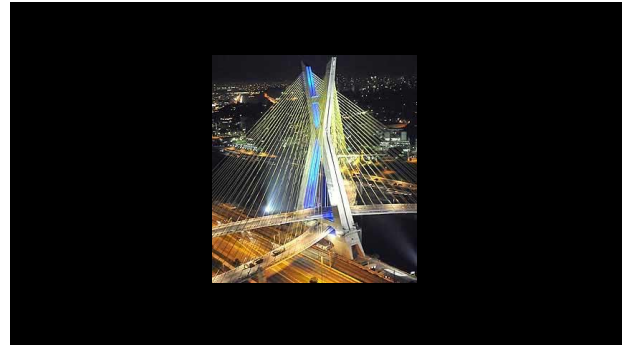
A
B
C
D
E
F



CLASSIFICATION OF LEVEL OF SERVICE...



<https://www.slideshare.net/ABDULKADERMUHAMMADI/level-of-service/los-of-a-road-with-calculation-method>



**PLANEJAMENTO DA
MOBILIDADE**

PREVER E ~~PROVER~~

PREVER E PREVENIR





EM 2015



USP 2015 - Via entre a Geotecnia e o bloco da Química (travessia elevada)



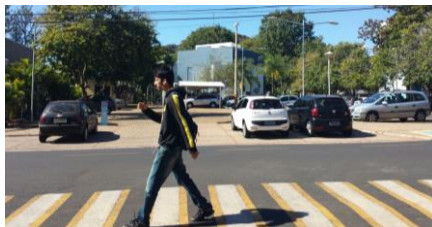
PROPOSTA 2030



USP 2015 - Via entre a Geotecnia e o bloco da Química (travessia elevada)



EM 2015



USP 2015 - Estacionamento existente entre os blocos da Química



PROPOSTA 2030



USP 2030 - Proposta de uma grande área de convivência para a região entre os blocos da Química



PROPOSTA 2030



USP 2030 - Ilustração de um paraciclo do sistema de bicicletas comunitárias implantadas nas duas áreas do campus USP (operado por meio da carteira USP)



PROPOSTA 2030



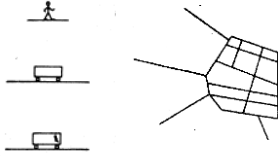
USP 2030 - Proposta para áreas internas do campus com calçadas e espaços ajardinados



CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE URBANO



PEQUENO VILAREJO



VIAGENS POR VEÍCULOS INDIVIDUAIS

Vuchic, Vukan R. (1981). *Urban Public Transportation Systems and Technology*. Prentice Hall. ISBN 978-0139394966.

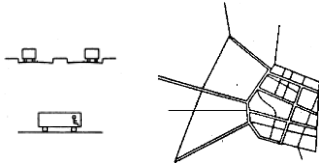


ESQUEMA	DESCRIÇÃO	PRINCIPAIS MELHORIAS	NO MUNDO REAL
	Caminhos Modo a pé		Pedestres caminhando
	Veículos motorizados particulares	· VELOCIDADE · CONFORTO · CONVENIÊNCIA	Automóveis particulares
	Veículos motorizados de aluguel	SERVIÇO DISPONÍVEL A TODOS	Táxis



32

PEQUENA CIDADE



VIAS ARTERIAIS E TRANSPORTE PÚBLICO

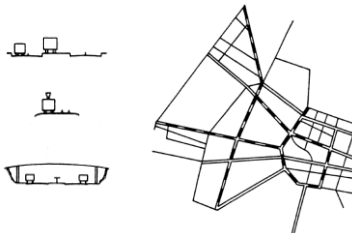


ESQUEMA	DESCRIÇÃO	PRINCIPAIS MELHORIAS	NO MUNDO REAL
	Alargamento das vias	· CAPACIDADE · NÍVEL DE SERVIÇO	Vias arteriais
	Introdução de veículos maiores	· CAPACIDADE · CUSTO · CONFORTO	Ônibus



34

CIDADE MÉDIA



TRANSPORTE PÚBLICO SEMI-RÁPIDO

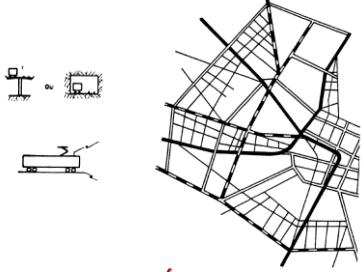


ESQUEMA	DESCRIÇÃO	PRINCIPAIS MELHORIAS	NO MUNDO REAL
	Separação dos modos	· CAPACIDADE · CONFIABILIDADE · VELOCIDADE	Faixas segregadas nas vias
	Tecnologia sobre trilhos	· CAPACIDADE · TRACÇÃO ELÉTRICA · CONFORTO · CUSTO OPERACIONAL	VLT
	Vias separadas por desníveis	· CAPACIDADE · VELOCIDADE · SEGURANÇA · CONVENIÊNCIA	Vias expressas



36

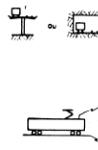
CIDADE GRANDE



TRANSPORTE PÚBLICO DE GRANDE CAPACIDADE



ESQUEMA

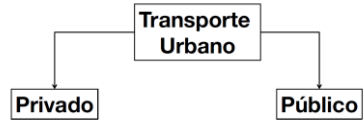


ESQUEMA	DESCRIÇÃO	PRINCIPAIS MELHORIAS	NO MUNDO REAL
	Transporte regular com via exclusiva	<ul style="list-style-type: none"> CAPACIDADE VELOCIDADE CONFIABILIDADE IMPACTO NA ÁREA 	Faixas segregadas em vias exclusivas Metrô
	Transporte totalmente automatizado	<ul style="list-style-type: none"> FREQUÊNCIA CUSTO OPERACIONAL DESEMPENHO 	Modos com operação totalmente automatizada



Características dos modos de transporte urbano

SPT182 Mobilidade Urbana e Redes de Transporte
Prof. Dr. J. R. Setti



Modos privados ou individuais

A pé

Modos privados ou individuais

Bicicleta

Cicloviás
Ciclofaixas

Infraestrutura para bicicleta



43

Estacionamento



44

Conexões
modais



Ciclista Cidadão – CPTM

45

Modos
privados ou
individuais

Motocicleta



46

Modos
privados ou
individuais

Automóvel



47

Modos
públicos,
coletivos ou
de massa

Rodas



Trilhos



48

Transporte por vans

Formal

Informal

Baixa capacidade
Alta capilaridade

49

Transporte por ônibus

50

Transporte por ônibus

Com prioridade:
BRT

Bilhetagem
externa

51

Transporte por ônibus

Com prioridade:
BRT e guideway

52

Transporte sobre trilhos

Metrol

Metrol (pneus)

Monotrilho

Trem regional

53

Parâmetro	Ônibus e BRT	Bonde e VLT	Metrol	Trem regional
Comprimento da unidade (m)	10 a 24	14 a 30	15 a 23	20 a 26
Comboio (unidades)	até 4	1 a 4	4 a 10	4 a 10
Lotação (pass./unid)	70 a 240	70 a 250	150 a 250	85 a 170
Velocidade média (km/h)	10 a 20	10 a 40	25 a 60	40 a 70
Capacidade (10 ³ pass./h)	5 a 15	5 a 25	25 a 60	20 a 50
Distância média entre paradas (km)	0,2 a 0,4	0,2 a 0,8	0,7 a 2,0	> 1,5

55

PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE

ONDE ATUAR?

SISTEMAS DE TRANSPORTES



CIDADE

ONDE ATUAR?

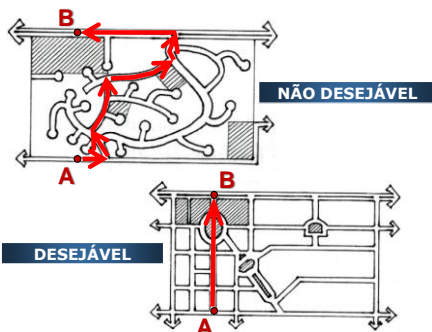
SISTEMAS DE TRANSPORTES



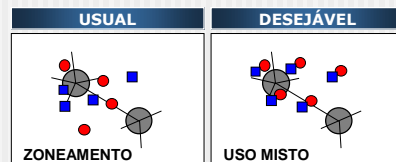
CIDADE

PLANEJAMENTO URBANO

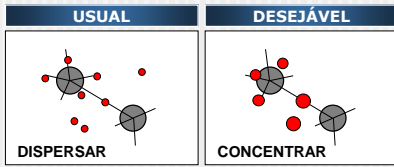
- PLANOS DIRETORES
- TRANSPORTE PÚBLICO, TRÂNSITO E USO DO SOLO
- REVITALIZAR ÁREAS OCUPADAS
- USO DA INFRAESTRUTURA EXISTENTE
- NOVOS EMPREENDIMENTOS



ALTERNATIVAS

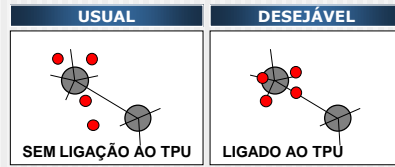


ALTERNATIVAS



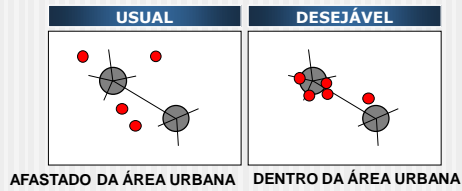
63

ALTERNATIVAS



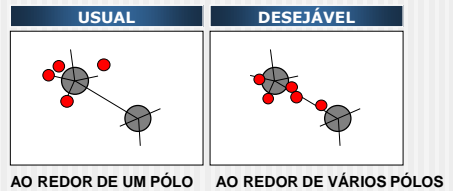
64

ALTERNATIVAS



65

ALTERNATIVAS



66

ONDE ATUAR?

SISTEMAS DE TRANSPORTES ↔ CIDADE



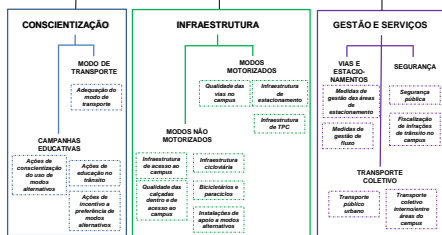
SISTEMAS DE TRANSPORTES

- TRANSPORTE PÚBLICO DE QUALIDADE
- ACESSIBILIDADE
- PRIORIDADE E INTEGRAÇÃO
- FONTES DE FINANCIAMENTO
- MODERNIZAÇÃO
- REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA



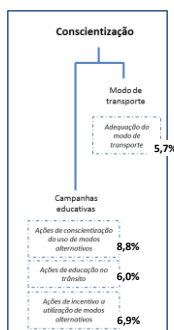
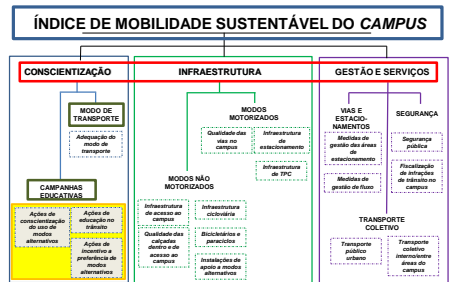
USP São Carlos

ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL DO CAMPUS

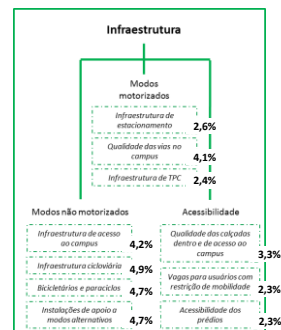


71

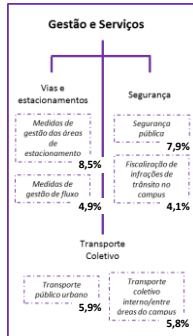
Domínios x Temas x Indicadores = CONTRIBUIÇÃO FINAL



73



74



75

ID	Indicadores	Peso			
		Domínio	Tema	Contribuição final	
1.1.1	Ações de conscientização do uso de modos alternativos			0,403	0,088
1.1.2	Ações de educação no trânsito			0,276	0,060
1.1.3	Ações de incentivo a utilização de modos alternativos	0,274	0,795	0,318	0,069
1.2.1	Adequação do modo de transporte			1,000	0,057
2.1.1	Infraestrutura de acesso ao campus			0,227	0,042
2.1.2	Infraestrutura cicloviária		0,522	0,267	0,049
2.1.3	Bicicletários e paraciclos			0,254	0,047
2.1.4	Instalações de apoio a modos alternativos			0,252	0,047
2.2.1	Qualidade das vias no campus			0,262	0,056
2.2.2	Infraestrutura de estacionamento		0,256	0,450	0,041
2.2.3	Infraestrutura de Transporte público coletivo			0,268	0,054
2.3.1	Qualidade das calçadas dentro e de acesso ao campus			0,421	0,033
2.3.2	Vagas para usuários com restrição de mobilidade		0,221	0,290	0,023
2.3.3	Acessibilidade dos prédios			0,290	0,023
3.1.1	Medidas de gestão das áreas de estacionamento		0,361	0,635	0,085
3.1.2	Medidas de gestão de fluxo e estacionamento			0,367	0,049
3.2.1	Transporte público urbano		0,315	0,507	0,059
3.2.2	Transporte coletivos interno/entre áreas do campus			0,493	0,058
3.3.1	Segurança pública			0,657	0,079
3.3.2	Fiscalização de infrações de trânsito no campus		0,324	0,343	0,041

ID	Indicadores	Contribuição final	Resultado da avaliação (0-1)
1.1.1	Ações de conscientização do uso de modos alternativos	0,088	0,317
1.1.2	Ações de educação no trânsito	0,060	0,296
1.1.3	Ações de incentivo a utilização de modos alternativos	0,069	0,000
1.2.1	Adequação do modo de transporte	0,057	0,861
2.1.1	Infraestrutura de acesso ao campus	0,042	0,609
2.1.2	Infraestrutura cicloviária	0,049	0,201
2.1.3	Bicicletários e paraciclos	0,047	0,449
2.1.4	Instalações de apoio a modos alternativos	0,047	0,644
2.2.1	Qualidade das vias no campus	0,026	0,909
2.2.2	Infraestrutura de estacionamento	0,041	0,664
2.2.3	Infraestrutura de Transporte público coletivo	0,024	0,419
2.3.1	Qualidade das calçadas dentro e de acesso ao campus	0,033	0,430
2.3.2	Vagas para usuários com restrição de mobilidade	0,023	0,592
2.3.3	Acessibilidade dos prédios	0,023	0,556
3.1.1	Medidas de gestão das áreas de estacionamento	0,085	0,491
3.1.2	Medidas de gestão de fluxo e estacionamento	0,049	0,569
3.2.1	Transporte público urbano	0,059	0,385
3.2.2	Transporte coletivos interno/entre áreas do campus	0,058	0,579
3.3.1	Segurança pública	0,079	0,459
3.3.2	Fiscalização de infrações de trânsito no campus	0,041	0,331

INDICADORES

78

CARACTERÍSTICAS DA OFERTA DE TRANSPORTES

79

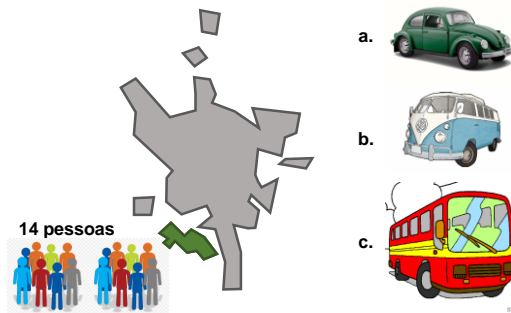
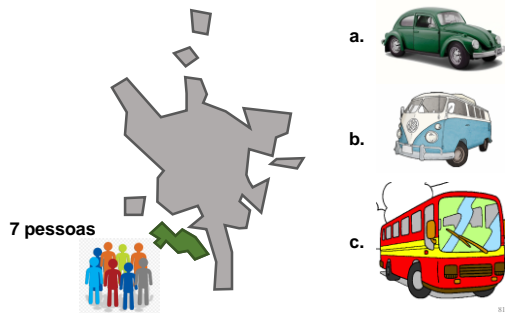
3 pessoas

a.

b.

c.

80



NÍVEL DE SERVIÇO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS



Que atributos de Nível de Serviço você associa ao transporte de PASSAGEIROS?
100 responses



NÍVEL DE SERVIÇO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Acessibilidade física
Frequência de serviço
Confiabilidade do serviço
Conforto
Tempo de espera
Tempo no interior do veículo

RELAÇÃO ENTRE NÍVEL DE SERVIÇO E CUSTO EM TRANSPORTE PÚBLICO

CASO DO TRÓLEBUS



FUNÇÃO CUSTO - TRÓLEBUS

$$C = a.Q + b.H + c.N + d.L$$

- C - custo total da rota por dia
- Q - quilometragem percorrida por dia, pelos veículos alocados a uma rota
- H - horas de operação na rota por dia
- N - número de veículos alocados à rota
- L - comprimento da rota (ida + volta)
- a, b, c, d - custos das variáveis

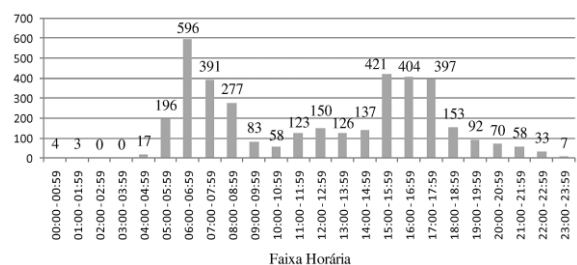
NÃO HÁ LIGAÇÃO DIRETA DE TODOS OS ATRIBUTOS DO NÍVEL DE SERVIÇO COM O CUSTO

PONTO DE VISTA DO OPERADOR

CUSTOS REPASSADOS AOS USUÁRIOS ATRAVÉS DA TARIFA

VEÍCULOS ALOCADOS À ROTA NA HORA-PICO
NÍVEL DE SERVIÇO MÍNIMO

CARREGAMENTO DIÁRIO



FREQUÊNCIA MÍNIMA

**FATOR DE LOTAÇÃO
MÁXIMO**



**QUAL A FREQUÊNCIA
NECESSÁRIA NA
HORA-PICO?**



**E SE A LOTAÇÃO
MÁXIMA FOR DE
50%?**



VIAGENS NA HORA PICO

$$f_p = \frac{F_{máxpico}}{\lambda_{máxpico} \times Cap}$$

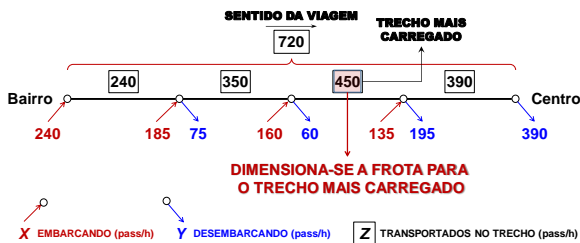
f_p - frequência na hora pico (veículos/h)

$F_{máxpico}$ - fluxo no trecho mais carregado da rota (passageiros/h)

$\lambda_{máxpico}$ - fator de lotação da hora pico

Cap - Capacidade nominal do veículo (pass)

PESQUISA EMBARQUE/DESEMBARQUE ("SOBE-E-DESCE")



E QUANTOS VEÍCULOS SÃO NECESSÁRIOS?





107

VIAGENS NA HORA PICO

$$f_p = \frac{F_{máxpico}}{\lambda_{máxpico} \times Cap}$$

f_p - frequência na hora pico (veículos/h)

$F_{máxpico}$ - fluxo no trecho mais carregado da rota (passageiros/h)

$\lambda_{máxpico}$ - fator de lotação da hora pico

Cap - Capacidade nominal do veículo (pass)

108

VEÍCULOS NA HORA PICO

$$N_p = \frac{F_{máxpico}}{\lambda_{máxpico} \times Cap} \times t_{cp}$$

N_p - número de veículos necessários

$F_{máxpico}$ - fluxo no trecho mais carregado da rota (passageiros/h)

$\lambda_{máxpico}$ - fator de lotação da hora pico

Cap - Capacidade nominal do veículo (pass)

t_{cp} - tempo de ciclo na hora pico (h)

109

QUILOMETRAGEM PERCORRIDA POR HORA

$$q = f \times L$$

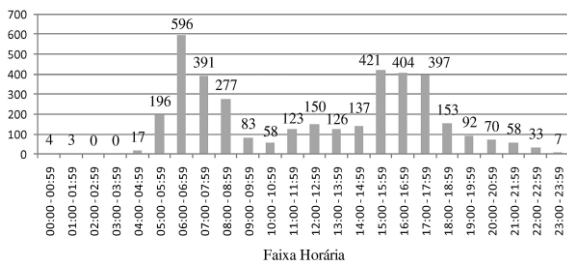
q - distância percorrida pelos veículos alocados à rota, em uma hora (km/h)

f - frequência horária de serviço (veículos/h)

L - comprimento da rota (ida + volta) (km)

110

CARREGAMENTO DIÁRIO



111

QUILOMETRAGEM TOTAL PERCORRIDA NA ROTA

$$Q = \sum n_i f_i \times L$$

Q - distância total percorrida pelos veículos alocados à rota (km)

f_i - frequência de classe i

n_i - número de horas por dia em que a operação é feita com frequência f_i

112

HORAS DE VEÍCULOS EM OPERAÇÃO POR HORA

$$h = f \times t_c$$

h - horas de veículos operados por hora (veículos.h/h)
 f - frequência horária de serviço (veículos/h)
 t_c - tempo de ciclo (horas)

113

HORAS DE VEÍCULOS EM OPERAÇÃO POR DIA

$$H = \sum n_i f_i \times t_{ci}$$

H - horas de veículos operados por dia (veículos.h/h)
 f_i - frequência da classe i (veículos/h)
 n_i - número de horas por dia em que a operação é feita com frequência f_i
 t_{ci} - tempo de ciclo com frequência f_i (horas)

114

FUNÇÃO CUSTO - TRÓLEBUS

$$C = a.Q + b.H + c.N + d.L$$

C - custo total da rota por dia
 Q - quilometragem percorrida por dia, pelos veículos alocados a uma rota
 H - horas de operação na rota por dia
 N - número de veículos alocados à rota
 L - comprimento da rota (ida + volta)
 a, b, c, d - custos das variáveis

115

FUNÇÃO CUSTO - TRÓLEBUS

$$C = a.Q + b.H + c.N + d.L$$

$$C = a.L \sum n_i f_i + b.L \sum n_i f_i t_{ci} + c.f_p t_{cp} + d.L$$

FREQUÊNCIA

116

FREQUÊNCIA
SINTETIZA
PARTE CONSIDERÁVEL DO
NÍVEL DE SERVIÇO

117