



21/11/2022

TUMI DAY

Salvador – Brasil

PLANEJAMENTO DE ROTAS E RECARGA

José Antônio do Nascimento

Especialista em Mobilidade Elétrica – UITP



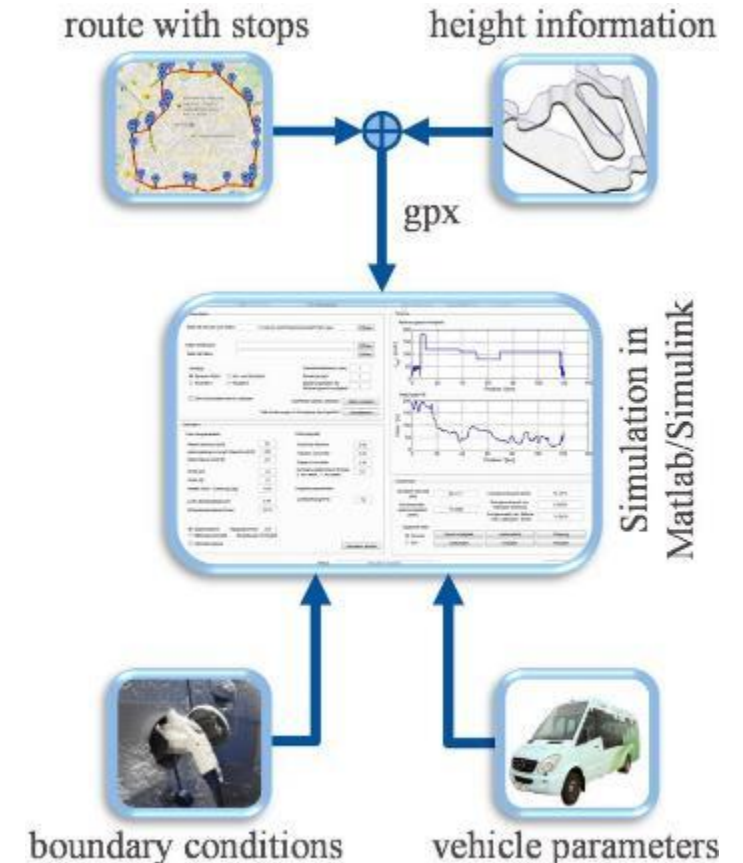
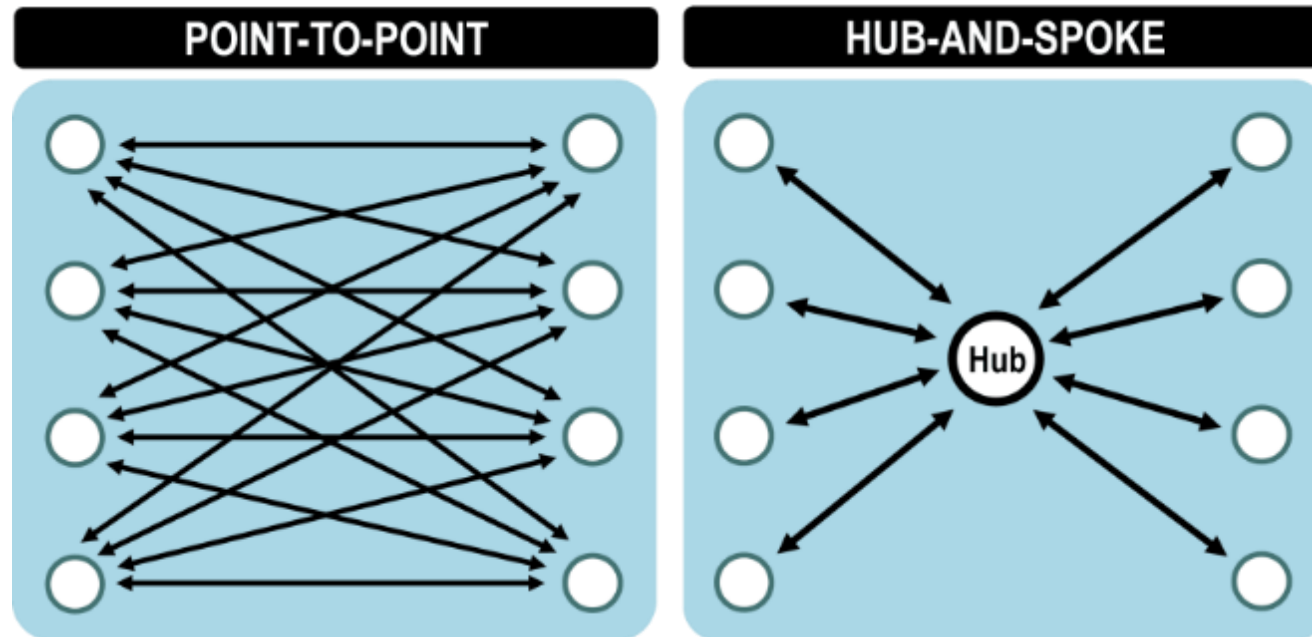
SELEÇÃO E PLANEJAMENTO DE ROTAS



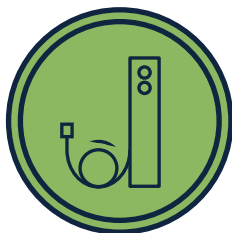
SELEÇÃO DE ROTAS

Estrutura de rota ideal para ônibus elétricos

- As rotas mais curtas são as mais adequadas
- Consumo otimizado de energia – SoC
- Possibilidades de recarga de oportunidade



> ESTRATÉGIAS E LOCALIZAÇÃO DOS CARREGADORES



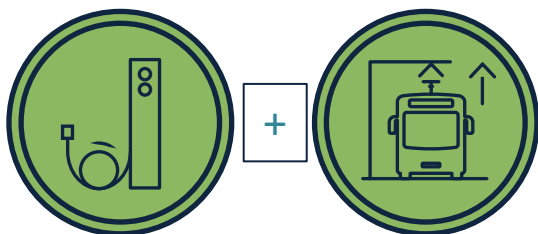
Recarga noturna (ONC) / Recarga na garagem

Recarga noturna com 60-180kW DC



Recarga de oportunidade (OC) / Terminais e estações

Recarga nas rotas / terminais ao final da rota 300-600kW DC



Combinação de ambos (Rotas de Alta Demanda)

Recarga noturna com níveis de potencia mais baixas >60kWDC
Bateria completa e uso do sistema de pantógrafo

Fonte: Heliox



PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO DOS E-BUS

Demanda de passageiros

Planejamento de horários

Programação dos veículos

Programação dos motoristas

Normas e Legislação

Velocidade Média

Autonomia das Baterias

Extensão da Rota

Localização dos Carregadores

Tempo Disponível para Recarga

Consumo kWh/km

Tempo de Percurso



CÁLCULO DE CONSUMO E TEMPO DE RECARGA

➤ CÁLCULO DE CONSUMO

Fatores de Consumo de Energia no Veículo

Ar Condicionado
Calefação
Equipamentos
Topografia
Transito
Condições da via
Condução do motorista



PARÂMETROS DE CONSUMO EFETIVO

Tamanho do ônibus, capacidade, autonomia, extensão do percurso tempo, velocidade, rampas, tempo parado, horário de pico.

CONSUMO MÉDIO EM OPERAÇÃO

- ÔNIBUS 12 M: MÉDIA 1,5 kWh/km
- ÔNIBUS 18 M: MÉDIA 2,25 kWh/km
- ÔNIBUS 24 M: MÉDIA 3 kWh/km

➤ TABELA I – PARA 100 CARREGADORES

Tamanho do ônibus	Padron 12m	Articulado 18m	Bi-Articulado 24m
Autonomia diária	250 km	250 km	250 km
Consumo médio	1,5 kWh/km	2,25 kWh	3 kWh
Potência do Carregador	90 kW	120 kW	150 Kw
Tempo de recarga	4,2 horas	4,7 horas	5 horas
Consumo da frota	37.500 kWh	56.250 kWh	75.000 kWh
Potência da Subestação	9 MW	12 MW	15 MW

➤ TABELA II – PARA 50 CARREGADORES

Tamanho do ônibus	Padron 12m	Articulado 18m	Bi-Articulado 24m
Autonomia diária	250 km	250 km	250 km
Consumo médio	1,5 kWh/km	2,25 kWh	3 kWh
Potência do Carregador	90 kW	120 kW	150 Kw
Tempo de Recarga	4,2 horas	4,7 horas	5 horas
Consumo da Frota	18.750 kWh	28.125 kWh	37.500 kWh
Potência da Subestação	4,5 MW	6 MW	7,5 MW

➤ DEMONSTRAÇÕES DE CÁLCULO DAS TABELAS I E II ANTERIORES

- A quantidade de carregadores é definida pelo planejamento da frota x tempo disponível para recarga.
- Em ônibus de 12 m:
 - Frota de 100 ônibus e carregadores:
 - Tempo de Recarga = $250\text{km} \times 1,5\text{kWh/km} / 90\text{kW} = 4,2 \text{ h (4:10)}$.
 - Consumo diário = $100 \text{ ônibus} \times 1,5 \text{ kWh/km} \times 250 \text{ km} = 37.500 \text{ kWh}$.
 - Potência da S/E = $37.500 \text{ kWh} / 4,2 \text{ h} = 8.929 \text{ kW} \sim 9\text{MW}$

➤ CARGA DE OPORTUNIDADE

Os carregadores instalados nos terminais e são utilizados nas pausas no final e início do percurso de acordo com o tempo disponível, exemplo de cálculo do tempo de recarga por tipo de ônibus:

- 1 CARREGADOR DE 250 kW:
- Consumo de 1 hora para ônibus de 12 m
- 15km/h (velocidade) x 1h (tempo) x $1,5\text{kWh/km} = 22,5\text{kWh}$
- Tempo para recarga: $22,5\text{kWh}$ (consumo) / 250kW (Potência do Carregador) = $0,09$ horas = $5,4$ minutos

TABELA III – VELOCIDADE/TEMPO

Velocidade	Ônibus 12m	Ônibus 18m	Ônibus 24m
15 km/h	5,4 minutos	8,1 minutos	10,8 minutos
20 km/h	7,2 minutos	10,8 minutos	14,4 minutos
30 km/h	10,8 minutos	16,2 minutos	21,6 minutos

CARGA DE OPORTUNIDADE

- Com estações de recarga de 300 kW tempo = 4,5 a 9 min.
- Com estações de recarga de 600 kW tempo = 2,25 a 4,5min.
- Carregador x Potência: Carga lenta recomenda-se: 90 kW e Carga de oportunidade: 250 Kw
- O investimento em carregadores de maior potência tem custo inicial + elevado, mas com a vantagem de reduzir o investimento e o tamanho do banco de baterias, e assim o peso do veículo.
- A vida útil de um carregador é estimada em 30 anos e do banco de baterias de 8 a 10 anos na aplicação de transporte.

➤ CARGA RÁPIDA

- Para ser vantajoso deve ser combinado com a carga de oportunidade;
- O veículo deve ser carregado nas paradas em 10 a 15 seg. no embarque e desembarque de passageiros;
- Cálculo do tempo e qual a carga obtida (em pouco tempo):
 - Com uma potência assumida de 400 kW, a energia será 1,67 kWh em 15 segundos ($400\text{kW} / 3600 \text{ seg.} \times 15 \text{ seg.}$);
 - Energia (kWh) = potência (kW) x tempo (h)
 - Potência (kW) = energia (kWh) / tempo (h)
 - Tempo (h) = energia (kWh) / potência (h)

➤ CARGA RÁPIDA

- Consumo de ônibus 12 m = 1,5kWh/km
- Velocidade média = 15 km/h
- Carga rápida = 1,67 kW em 15 segundos

- Cada 1 km deverá ter uma estação de recarga:
 - Área para uma estação = 6 m²
 - Depende do tamanho do banco de baterias em cada ônibus e distância da linha a ser percorrida

RECARGA EM MOVIMENTO

- Quando a cidade já possui rede aérea de trólebus, pode-se aproveitar para a recarga do banco de baterias, ampliando a distância da linha e eliminando o investimento em carregadores e o tamanho do banco de baterias.
- Pode se utilizar a rede aérea em partes do percurso, com melhor custo/benefício.
- Construir uma rede aérea para parte do percurso, que seja o suficiente para a recarga das baterias.

➤ DISCUSÃO

Dimensiones	<ul style="list-style-type: none">- Largo: 12.0 m- Ancho: 2.55 m- Alto: 3.70 metros
Peso vehículo (vacío)	12.9 toneladas
Capacidad de carga	18.9 toneladas
Características electromecánicas	<ul style="list-style-type: none">- Motor trifásico, asíncrono de imán permanente, enfriado por agua- Baterías litio-hierro-fosfato 147 kw/h- Compresor sin aceite- Dirección hidráulica- Pértigas automatizadas
Autonomía	75 km. Respaldo de energía con baterías
Consumo de energía	0.8 kw-h/km 1.3 km/kw-h
Capacidad pasajeros	<ul style="list-style-type: none">- Total: 85 + operador- Sentados: 28- Asientos para personas con discapacidad: 5 (azul)- Asientos exclusivos para mujeres: 13 (rosa)- Pasajeros de pie: 57



Muito obrigado!

[linkedin.com/in/josé-antonio-nascimento-585176b0](https://www.linkedin.com/in/josé-antonio-nascimento-585176b0)

WhatsApp 11 99175-9213

joseanascimento64@gmail.com

