



# TUMI DAY

Salvador – Brasil

PLANEJAMENTO DE ROTAS E RECARGA

***José Antônio do Nascimento***

Especialista em Mobilidade Elétrica – UITP



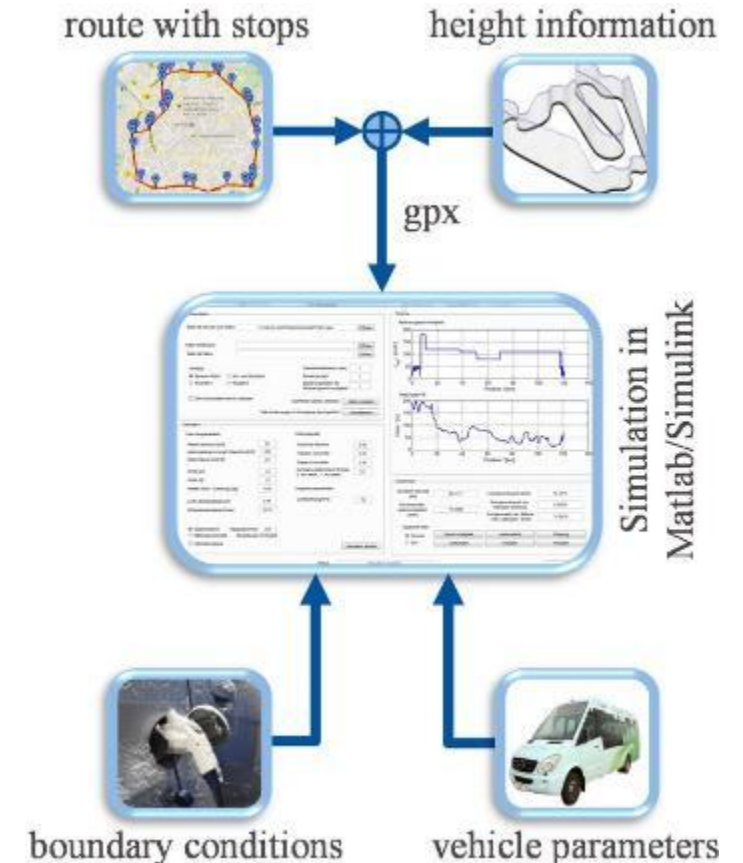
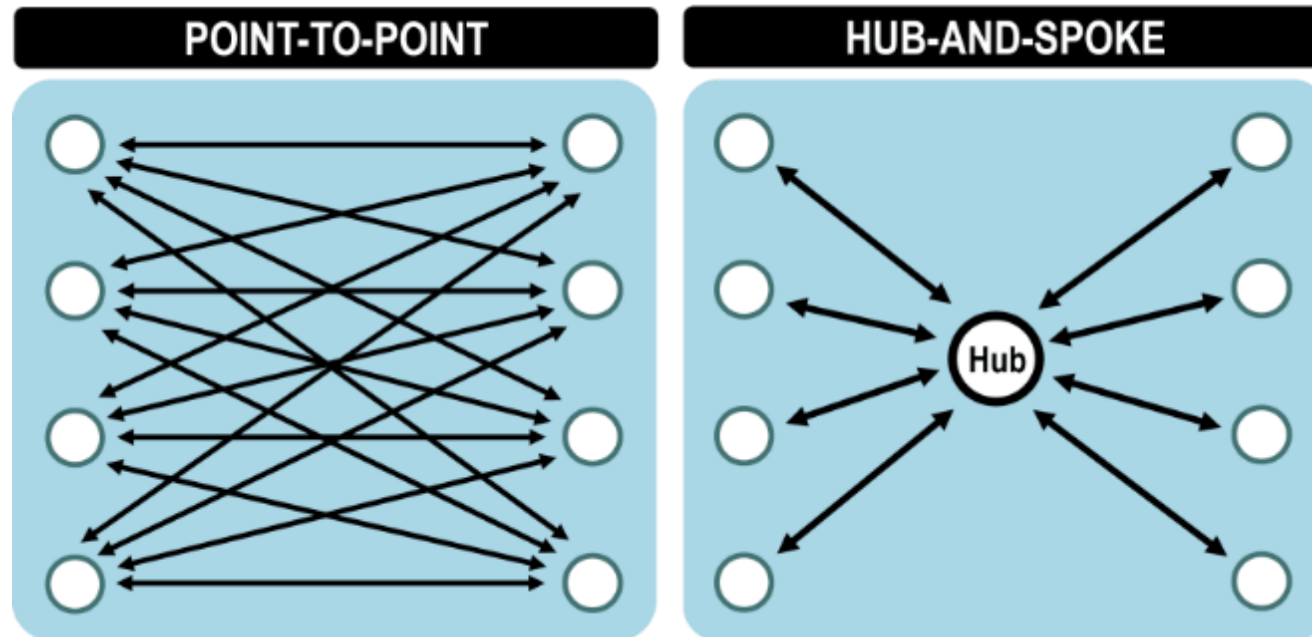
# SELEÇÃO E PLANEJAMENTO DE ROTAS



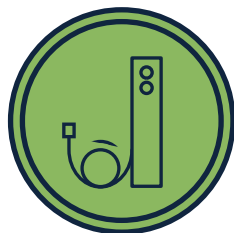
# SELEÇÃO DE ROTAS

## 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



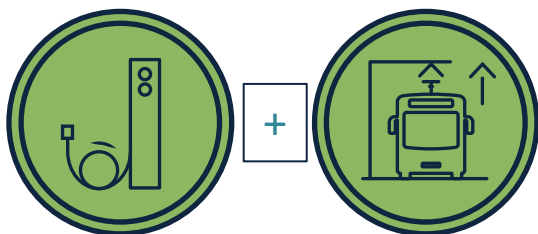
## **Recarga noturna (ONC) / Recarga na garagem**

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
- $15\text{km/h}$  (velocidade) x  $1\text{h}$  (tempo) x  $1,5\text{kWh/km} = 22,5\text{kWh}$
- Tempo para recarga:  $22,5\text{kWh}$  (consumo) /  $250\text{kW}$  (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 m<sup>2</sup>
  - 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"><li>- Largo: 12.0 m</li><li>- Ancho: 2.55 m</li><li>- Alto: 3.70 metros</li></ul>
Peso vehículo (vacío)	12.9 toneladas
Capacidad de carga	18.9 toneladas
Características electromecánicas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Motor trifásico, asíncrono de imán permanente, enfriado por agua</li><li>- Baterías litio-hierro-fosfato 147 kw/h</li><li>- Compresor sin aceite</li><li>- Dirección hidráulica</li><li>- Pértigas automatizadas</li></ul>
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"><li>- Total: 85 + operador</li><li>- Sentados: 28</li><li>- Asientos para personas con discapacidad: 5 (azul)</li><li>- Asientos exclusivos para mujeres: 13 (rosa)</li><li>- Pasajeros de pie: 57</li></ul>



# 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](mailto:joseanascimento64@gmail.com)

