

**SECRETARIA DE
TRANSPORTES**



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

SECRETARIA DOS TRANSPORTES

**CONCESSÃO DOS SERVIÇOS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO DE
PASSAGEIROS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS/SP**

APÊNDICE 13 – OPERAÇÃO DO BRT

CAMPINAS

JULHO/2022

1. INTRODUÇÃO

1.1. O objetivo deste apêndice é propor uma estratégia operacional para as linhas que serão operadas nos corredores Campo Grande e Ouro Verde, usando veículos Superarticulados, trafegando em faixas de tráfego exclusivas.

1.2. Conforme já exposto no APÊNDICE 02 – PROJETO BÁSICO DA CONCESSÃO, tem-se as seguintes características principais em cada corredor:

- a) Campo Grande - 17,9 km de extensão, 3 Terminais, 4 Estações de Transferência, 11 Paradas Típicas BRT (fechadas e em nível elevado), 3 Paradas BRS (convencionais), e 17 intersecções semaforicas.
- b) Ouro Verde - 14,6 km de extensão, 2 Terminais, 5 Estações de Transferência, 6 Paradas BRT, 5 Paradas BRS e 18 intersecções semaforicas.
- c) Perimetral, ou Interligação - 4,1 km e 4 Paradas BRT

2. SÍNTESE DA CONCEPÇÃO

2.1. As paradas do tipo BRT, conforme ilustrado pela Figura 1, permitem que dois veículos Superarticulados realizem embarque, de cada vez. Também possibilitam ultrapassagens entre os ônibus. Os passageiros pagam a passagem no acesso à parada, e acessam os veículos por meio de plataforma nivelada com o piso do carro, reduzindo o tempo de permanência dos ônibus na estação.

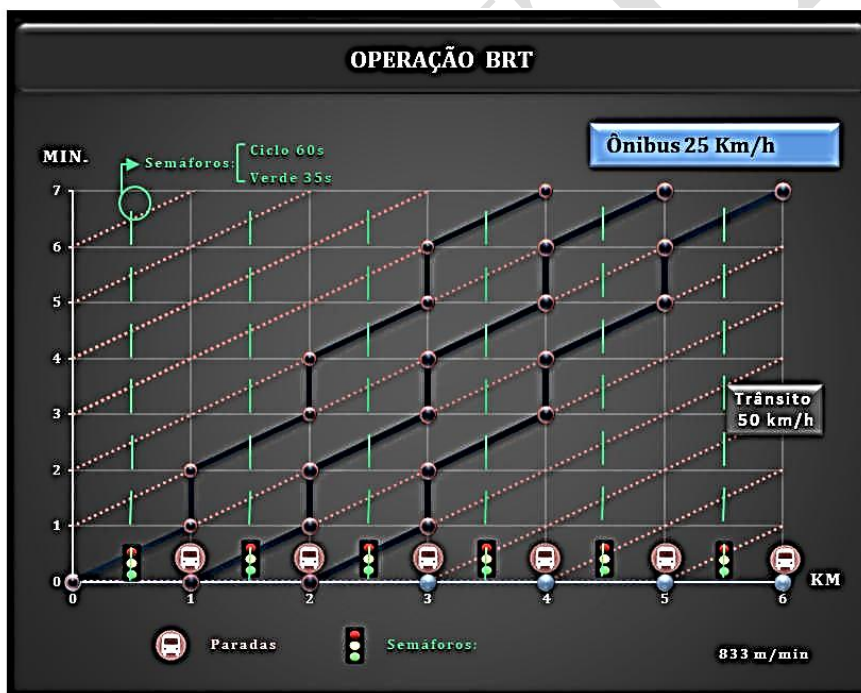
Figura 1 - Paradas do Tipo BRT



Fonte: Elaboração própria

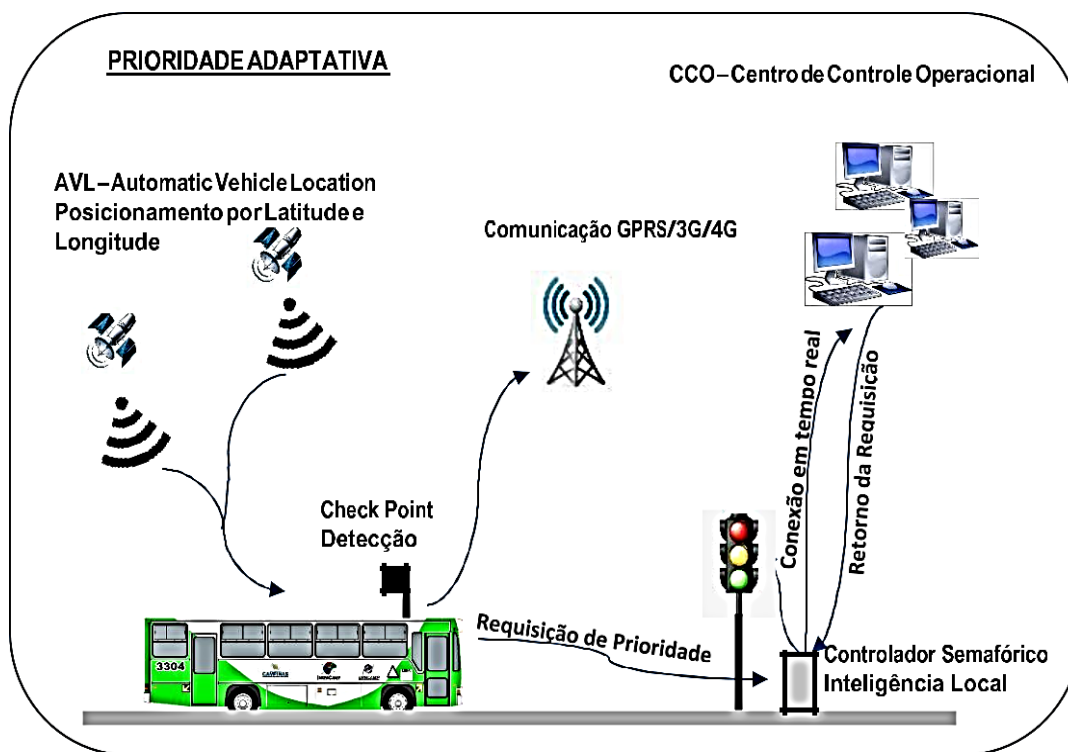
- 2.2. As avenidas onde as faixas exclusivas se situam, ocupando o lado esquerdo das vias, também são carregadas por grandes fluxos de outros veículos motorizados.
- 2.3. A concepção aqui apresentada, envolve organizar uma “Onda Verde” semafórica para o trânsito geral, calibrada para a velocidade de 50 km/hora, combinada com ciclos de 60 segundos, dos quais no mínimo 35 dirigidos à direção das vias principais.
- 2.4. Conforme ficará demonstrado, quando os Superarticulados realizam suas paradas para embarque e desembarque de passageiros, eles perdem 60 segundos, com relação ao tráfego geral, e apenas “pulam” de uma “Onda Verde” para a seguinte, mantendo a sincronização com os semáforos abertos (Figura 2)

Figura 2 -Operação BRT



Fonte: Elaboração própria

- 2.5. O sistema operacional proposto poderá ainda ser bastante estável, pois será dada prioridade semafórica, nos cruzamentos, para os ônibus BRT, estendendo-se os “Tempos Verdes” para evitar que pequenos atrasos causem comboiamento indesejável e atrasos generalizados, como visto na Figura 3.

Figura 3 - Sistema Operacional Proposto

Fonte: Elaboração própria

2.6. O resultado será a operação de dois corredores BRT com velocidades de percurso superiores a 27 Km/ hora, e capacidades possíveis de até 20.400 passageiros horários por sentido, o que os colocaria entre os melhores do Brasil.

3. DINÂMICA E CINEMÁTICA DA ACELERAÇÃO, DA FRENAGEM E DA PARADA

3.1 Energia cinética na aceleração

3.1.1. Conforme as especificações dos veículos Superarticulados, seu Peso Bruto Total, incluindo os passageiros a bordo, é de 37.000 kg.

3.1.2. Admitindo-se limitar a velocidade de percurso a 50 km/ hora, (13,89 m/s), a variação de energia cinética com relação ao repouso, no processo de aceleração, será de 3,57 milhões de Joules.

3.2 Potência e aceleração

- 3.2.1. Também de acordo com as suas especificações, a potência máxima usada na aceleração é de 260 Kw, ou seja, 260.000 Joules/s.
- 3.2.2. A aceleração média disponível para levar o carro de 37.000 kg até a velocidade de 50 km/hora, usando potência de 260 Kw, é de 1,01 metros/ segundo quadrado.

3.3 Cinemática da aceleração

- a) o tempo para acelerar do repouso, até 50 km/h, com aceleração de 1,01 m/s², é de 13,7 segundos.
- b) a distância percorrida para atingir 50 km/ h, com aceleração de 1,01 m/s², é de 95,2 m.

3.4 Cinemática da frenagem

- 3.4.1. Considera-se que a taxa de desaceleração máxima, para garantir conforto e segurança aos passageiros, seja de 1,3 m/s².
- a) o tempo médio para frear, a partir de 50 km/h, com 1,3 m/s² de desaceleração, será de 10,7 segundos
- b) a distância de frenagem será de 74,4 metros, neste processo.

3.5 Perda de tempo com frenagem e aceleração

- 3.5.1. A distância que o Superarticulado precisa, para frear e acelerar, resulta em uma soma de 169,6 metros. O trânsito geral, circulando a 50 km/h, (13,89 m/s), necessita 12,2 segundos para percorrer essa distância.
- 3.5.2. Já o ônibus consome 24,4 segundos para frear e acelerar. Portanto, perde 12,2 segundos, com relação aos veículos que não pararam.

3.6 Tempo de alinhamento, abertura e fechamento de portas

3.6.1. Prevê-se que os motoristas precisem de um total de 10 segundos, para alinhar perfeitamente o veículo à plataforma, e acionar a abertura e o fechamento de portas

3.7 Tempo de embarque e desembarque

3.7.1. Considerando-se 60 segundos para o “pulo da Onda Verde”, sobram ainda 37,8 segundos de portas abertas, para desembarque e embarque dos passageiros, suficientes mesmo nos momentos críticos da operação (o famoso “Manual do BRT”, indica serem suficientes até 20 segundos de tempo de parada total, tempo demasiadamente otimista, a nosso ver).

4. VELOCIDADE NO FLUXO CRÍTICO

4.1. Considerando que, em ambos os corredores principais do BRT, existam em média uma Parada, e uma interseção semaforica, por quilômetro de via, pode-se tomar 1 km como base para o cálculo das velocidades de percurso dos ônibus.

4.2. No sentido do fluxo crítico, (Bairros-Centro pela manhã, e Centro-Bairro à tarde), os ônibus BRT não deverão parar em semáforos, pois seu percurso estará sincronizado com as “Ondas Verdes”

4.3. Trafegando sem paradas, com velocidade de 50 km/h, o percurso de 1 km é feito em 72 segundos.

4.4. Com um processo de parada, o Superarticulado perderá 60 segundos, conforme já mencionado. Assim, levará 132 segundos para completar 1 km.

4.5. Sua velocidade média de percurso será, assim, 27,3 km/h.

5. VELOCIDADE NO SENTIDO NÃO CRÍTICO

- 5.1. Para o sentido oposto ao crítico, pode-se considerar que os tempos de semáforo representem eventos aleatórios. Ou seja, os ônibus BRT vão encontrar sinais fechados. Mas, por outro lado, a duração das paradas para embarque de passageiros será bem menor.
- 5.2. Como os semáforos terão no máximo 25 segundos de Tempo Vermelho para cada ciclo de 60 minutos, a probabilidade de achar o sinal fechado será de 41,7%. O tempo médio parado no Tempo Vermelho será de 12,5 segundos.
- 5.3. A cada parada em sinal Vermelho, o ônibus perde 15,6 segundos entre frenagem e aceleração, conforme já visto.
- 5.4. Assim, cada semáforo acarreta, em média, perda de tempo de 41,7% sobre a soma de 12,5 segundos parado, mais 15,6 segundos de frenagem e aceleração. Portanto, perderá em média 11,7 segundos por trecho de 1 km.
- 5.5. Mas o tempo de “porta aberta” nas paradas, pode ser bem menor do que os 34 segundos do sentido crítico, se passar a 22 segundos, por exemplo, a velocidade média de percurso fica igual aos 27,3 km/h do sentido inverso.

6. CAPACIDADE DOS CORREDORES

- 6.1. Imaginando-se que a cada “Onda Verde” (que ocorre a cada 60 segundos), esteja vinculado um conjunto de 2 Superarticulados de 170 lugares, cada um dos 2 corredores BRT poderá oferecer até 20.400 lugares horários por sentido.
- 6.2. Evidentemente, esse cálculo é um limite potencial, uma vez que no conjunto seriam necessários mais de 300 Superarticulados BRT. Não há demanda para isso, atualmente.
- 6.3. Então, na prática, algumas “Ondas” terão 2 Veículos, outras apenas 1 carro, e muitas, nenhum.