



Benefícios da entrada exclusiva de ônibus de emissão zero na frota de São Paulo



APOIO



FINANCIADORES E FACILITADORES



SÓCIOS PRINCIPAIS



Autores: Carmen Araujo, Ana Beatriz Rebouças e André Cieplinski

ZEBRA: O ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-Deployment Accelerator) é uma iniciativa conjunta do C40 e ICCT que visa apoiar cidades latinoamericanas na transição para frotas de ônibus com zero emissões, dentre elas a cidade de São Paulo.






SUMÁRIO

Contexto regulatório	2
Situação atual das emissões de poluentes e projeções.....	4
Considerações finais	9
Anexo	10





Este documento apresenta o contexto e os benefícios da proibição de incluir novos ônibus a diesel na frota de ônibus urbanos da cidade de São Paulo, em vigor desde 17 de outubro de 2022¹. A análise a seguir sugere que a introdução exclusiva de veículos de emissão zero é imprescindível para atingir a meta de reduzir em 50% as emissões de CO₂ até 2028, definida na Lei do Clima, e a meta da prefeitura de ter 2.600 ônibus elétricos até 2024. Caso essa proibição não houvesse sido estabelecida, a introdução de novos veículos a diesel comprometeria o cumprimento da lei ou resultaria na necessidade de uma futura substituição acelerada de veículos a diesel com menos de 10 anos por tecnologias de emissão zero, onerando e prejudicando o equilíbrio econômico-financeiro do sistema.

Este relatório é uma atualização da versão publicada em novembro de 2022. A versão atual atualiza o gráfico de projeção das emissões de CO₂, NO_x e MP, incluindo as metas da Lei do Clima na comparação (Figura 2). Além disso, anteriormente, as metas de 2028 da Lei eram comparadas com as emissões projetadas para dezembro de 2027, mas nesta versão essas metas estão sendo comparadas com as emissões projetadas para dezembro de 2028.

¹ Prefeitura veta novos ônibus a diesel em São Paulo. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 17 de outubro de 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/10/prefeitura-veta-novos-onibus-a-diesel-em-sao-paulo.shtml>

CONTEXTO REGULATÓRIO

Por meio da Lei nº 16.802/2018, a cidade de São Paulo definiu metas graduais, nos prazos de 10 e 20 anos, para reduzir emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais em suas frotas de transporte coletivo por ônibus. Essa lei modifica um artigo da Lei nº 14.933/2009 (Lei do Clima), que estabelecia uma meta mais agressiva de descarbonização, o que levaria a uma frota livre de combustíveis fósseis até 2018. No entanto, a meta anterior não foi cumprida em nenhum ano, e atualmente a frota de veículos de emissão zero da cidade é composta por apenas 201 trólebus e os 18 ônibus elétricos a bateria de um projeto-piloto, o que representa menos de 2% da frota total de ônibus urbanos da cidade². A lei vigente estabelece que as emissões de escapamento de dióxido de carbono (CO₂) fóssil, material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NOx) sejam reduzidas em 50%, 90% e 80%, respectivamente, em 10 anos, e em 100%, 95% e 95% em 20 anos. Além disso, os contratos de concessão entre a prefeitura e os operadores de ônibus, assinados em setembro de 2019, definiram metas anuais de redução de emissões de forma complementar à Lei do Clima.³


Em outubro de 2020, a São Paulo Transporte (SPTrans) apresentou ao Comitê Gestor do Programa de Acompanhamento da Substituição de Frota por Alternativas Mais Limpas do Município de São Paulo (COMFROTA-SP) o cronograma de renovação de frota proposto pelos operadores, exigência da Lei do Clima e dos contratos de concessão. Os ônibus elétricos a bateria foram a principal alternativa tecnológica escolhida pelos operadores para cumprir as metas de redução de emissões. Fez-se uma previsão de 9.822 ônibus elétricos na frota até 2028⁴.

No entanto, durante a pandemia, a SPTrans reduziu a quantidade de ônibus urbanos em serviço para adequar sua operação à acentuada diminuição de demanda. A Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes (SMT) havia publicado, em março de 2020, a Portaria nº 81, que flexibilizava algumas condições contratuais para mitigar os danos da crise no sistema, o que acabou impactando a execução do plano de renovação de frotas. A portaria

2 Dados da frota de novembro de 2022. Dados disponíveis em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/institucional/sptrans/aceso_a_informacao/index.php?p=295718

3 As metas de redução de emissão estabelecidas nos contratos de concessão são apresentadas no Anexo.

4 Comitê Gestor do Programa de Acompanhamento da Substituição de Frota por Alternativas Mais Limpas do Município de São Paulo (COMFROTA-SP). Ata da 1ª Reunião Extraordinária, 27 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Ata%201%20Reunião%20Extraordinária%20do%20COMFROTA%20-%2027%2010%202020%20com%20Apresentação.pdf>



também permitia a troca de veículos que atingissem a idade máxima e, com isso, verificou-se a entrada de uma quantidade significativa de novos ônibus a diesel.

Mesmo com a crise trazida pela pandemia, o prefeito divulgou, em julho de 2021, o Programa de Metas 2021-2024 e incluiu o compromisso de adotar uma frota de ônibus mais limpa⁵. Na meta 50, a SMT indica a intenção de entregar ao menos 2.600 ônibus elétricos ao município até o fim do atual mandato, em 2024. Por fim, em outubro de 2022, a SPTrans vetou a entrada de novos ônibus a diesel. A proibição não inclui veículos menores, como miniônibus, já que ainda não há oferta desses veículos com tecnologia zero emissão no mercado nacional.

5 Prefeitura Municipal de São Paulo. Programa de metas 21/24: versão final participativa. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/governo/arquivos/programa_de_metas/programa-de-metas-2021-2024/pdm.relatorio.versao.final.participativa.pdf

SITUAÇÃO ATUAL DAS EMISSÕES DE POLUENTES E PROJEÇÕES

A análise aqui apresentada utiliza dados dos relatórios anuais de emissões da frota de 2021⁶, que detalham as distâncias percorridas e o consumo de combustível por veículo-mês da frota de ônibus urbanos da cidade de São Paulo⁷. Com esses dados, calculam-se as emissões de CO₂ fóssil, MP e NO_x da frota em 2021 e analisa-se o cumprimento das metas de redução de emissões dispostas no contrato de concessão para esse mesmo ano. As metas contratuais são apresentadas no Anexo. Em seguida, apresentam-se projeções das emissões de poluentes até 2028, com a comparação de dois cenários: i) considerando a proibição de ônibus a diesel estabelecida pela SPTrans (**Proibição Diesel**) e ii) *Business-as-usual*, sem a entrada de novos ônibus de emissão zero na frota (**BAU**).

Analisa-se os poluentes abrangidos na Lei do Clima, ou seja, emissões de escapamento de CO₂ fóssil, MP e NO_x. Utilizam-se os fatores de emissão adotados na metodologia de cálculo das emissões de poluentes do último edital de licitação da SPTrans. Para as emissões de escapamento de CO₂ fóssil, adota-se 2,671 kg/L_{Diesel A}. Para os poluentes atmosféricos MP e NO_x, os fatores de emissão por tecnologia de motor são apresentados na Tabela 1. Para o CO₂, como a meta da lei considera apenas as emissões de origem fóssil, descontam-se as emissões relativas ao biodiesel presente no diesel B. O percentual de biodiesel médio observado em 2021 foi de 11,2%.

Tabela 1. Fatores de emissão dos poluentes atmosféricos MP e NO_x⁸

Tecnologia	MP (g/kg _{diesel})	NO _x (g/kg _{diesel})
P5 (Euro III)	0,388	20,982
P7 (Euro V)	0,055	6,575
P8 (Euro VI)	0,026	1,112

A Figura 1 apresenta as emissões por sistema e totais da frota para 2021. Os três painéis apresentam as emissões de CO₂ (A), MP (B) e NO_x (C) e as

6 Os dados são públicos e estão disponíveis em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/governo/secretaria_executiva_de_mudancas_climaticas/participacao_social/conselhos_e_orgaos_colegiados/comfrotasp/?p=331237

7 O reporte dos dados de operação e consumo de combustível é realizado com o apoio da ReFrota, ferramenta desenvolvida pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), que auxilia o cálculo de emissões das frotas dos ônibus urbanos. Mais informações sobre a ferramenta estão disponíveis em: <http://energiaeambiente.org.br/produto/refrota-calculadora-de-emissoes-de-frotas-de-onibus>

8 Convertem-se os fatores de emissão em g/L_{diesel} considerando-se a densidade média do diesel igual a 0,840 kg/L, de acordo com o Ministério de Minas e Energia.

Ministério de Minas e Energia (MME). Anexo VIII - Fatores de Conversão do Balanço Energético Nacional de 2021 - Ano base 2020. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>

comparam tanto com as metas anuais definidas no contrato para 2021 quanto com a primeira meta definida pela Lei do Clima, para 2028. Observa-se que as emissões de CO_2 permanecem cerca de 2% acima da meta para 2021 e que as emissões de MP e NO_x indicadas estão 47% e 29% abaixo de suas respectivas metas para 2021.

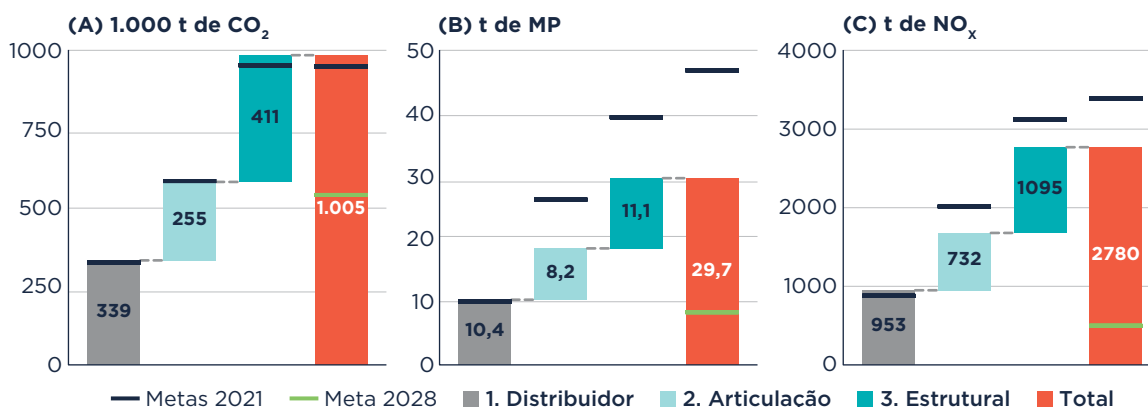


Figura 1. Emissões totais e por sistema da frota de ônibus de São Paulo em 2021: (A) CO_2 , (B) MP e (C) NO_x . As linhas rosas e azuis em cada gráfico indicam as metas de emissão para 2021 e 2028, conforme a legenda.

No entanto, as metas estabelecidas pela Lei do Clima demandam reduções aceleradas de emissões nos próximos anos, em linha com a maior disponibilidade de veículos de emissão zero. Os volumes atuais de CO_2 , MP e NO_x ainda superam as metas de 2028 em cerca de 80%, 250% e 460%, respectivamente. Além disso, parte significativa da diminuição de emissões entre 2016 e 2021 foi consequência da menor circulação dos veículos por causa da pandemia. Com a eventual normalização do sistema, será necessária uma transição para tecnologias de emissão zero a fim de respeitar a Lei do Clima e as metas estabelecidas nos contratos de concessão e no programa da prefeitura para 2021-2024.

A seguir, são apresentadas projeções de emissões e introdução de novos veículos de emissão zero até 2028. Para essa análise, optou-se por manter fixo o número de quilômetros totais e de veículos de 2021 para os anos seguintes da projeção⁹. São observados 13.267 veículos, que percorreram aproximadamente 769 milhões de quilômetros em 2021 (média anual de 57,9 mil km por veículo). Também se assumiu um aumento linear no percentual de biodiesel, de 11,2% em 2021 até 15% em 2025. Todos os novos ônibus a

⁹ Adotam-se os quilômetros totais percorridos ao longo de 2021 e, para o número de veículos, a frota em operação observada em dezembro de 2021.

diesel introduzidos após 2022 possuem tecnologia P8 (Euro VI), que reduz as emissões de MP e NO_x em cerca de 50% e 83%, respectivamente.

Em relação à renovação da frota, a análise assumiu a substituição exclusiva dos ônibus com 10 anos ou mais. Para 2022, observa-se um número maior de veículos a serem trocados devido ao cancelamento da substituição de ônibus durante a pandemia. Desta forma, dos cerca de 1.980 ônibus com 10 anos ou mais em 2022, assumiu-se que 1.600 são substituídos por novos veículos a diesel.

No cenário **BAU**, são introduzidos apenas novos veículos a diesel com tecnologia P8 (Euro VI) a partir de 2023. Para o cenário **Proibição Diesel**, todos os ônibus do tipo básico, padron e articulados introduzidos de 2023 em diante são de emissão zero. Para os modelos menores, assumiu-se como de emissão zero 60% dos veículos midi introduzidos em 2023 e 100% nos anos seguintes. Para os miniônibus, 60% das substituições de 2024 e 100% dos novos veículos de 2025 em diante são de emissão zero. Essas premissas consideram a disponibilidade desses veículos no mercado nacional. A Figura 2 apresenta os resultados das projeções de emissões e uma comparação com as metas (metas dos contratos de concessão, metas da Lei do Clima e meta da prefeitura de 2600 ônibus elétricos até 2024)¹⁰.

¹⁰ Uma versão anterior desse estudo não apresentava as metas da Lei do Clima de 2028 nos gráficos das projeções de emissões de CO₂, NO_x e MP.

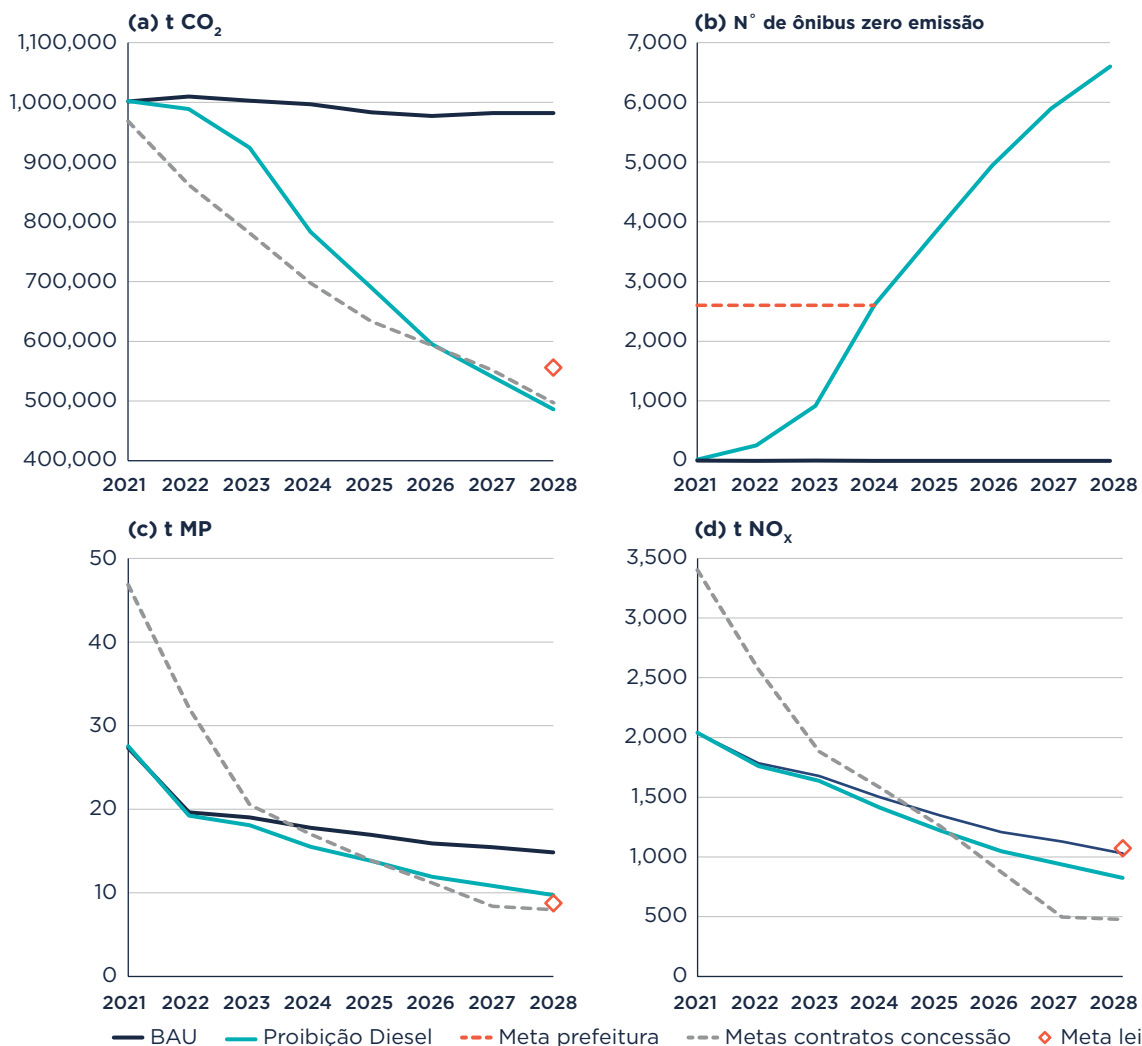


Figura 2. Projeções de emissões e número de ônibus zero emissão (acumulado) com e sem a proibição de novos ônibus a diesel. Os painéis apresentam as emissões de CO₂ (a), o número de ônibus zero emissão (b) e as emissões de MP (c) e NO_x (d). As linhas pontilhadas indicam as metas estabelecidas na Lei do Clima (CO₂, MP e NO_x) e o objetivo de novos veículos elétricos para 2024 estabelecido pela prefeitura de São Paulo. Os losangos vermelhos indicam as metas da lei do Clima para 2028.

Os resultados indicam que **a proibição de novos ônibus a diesel evitará emissões acumuladas de 1.924.662 toneladas de CO₂ entre 2022 e 2028**. Em relação ao ano-base de 2016, as emissões de CO₂ do cenário **Proibição Diesel** diminuem 56,3% em dezembro de 2028¹¹ e portanto, atingem, com uma folga de 6,3%, a meta da Lei de 2028 (representada pelo losango vermelho). **Esses resultados correspondem à introdução de 2.602 ônibus de emissão zero até o final de 2024 e 6.602 até 2028.**

¹¹ Uma versão anterior desse estudo comparava as metas da lei do Clima de 2028 com as projeções de emissões acumuladas até dezembro de 2027. Essa versão atualizou as projeções para dezembro de 2028.

As emissões projetadas de NO_x do cenário **Proibição Diesel** não atingem as reduções estabelecidas pelos contratos de concessão a partir de 2025, porém superam a meta da Lei em 2028, com uma folga de 4,6%. As emissões estimadas para o MP, por outro lado, não atingem as reduções contratuais a partir de 2026 e também não atingem a meta da Lei em 2028, porém com diferença de apenas 1,1%. As emissões projetadas com a substituição da frota no cenário **Proibição Diesel** indicam redução nas emissões de MP e NO_x de 88,9% e 84,6%, respectivamente, em dezembro de 2028 (Figura 2) em relação ao ano-base de 2016.

Ressalta-se que essas projeções adotaram algumas premissas conservadoras, como o número de veículos igual ao de dezembro de 2021 e a quilometragem fixa e igual à de 2021. À medida que atualizações sobre os planos da frota futura forem disponibilizadas, deve-se também atualizar a estimativa de emissões. Não é possível afirmar com segurança que a meta de MP não será cumprida, já que as emissões estimadas a excedem em apenas pouco mais de 1%. Além disso, as folgas justas nas projeções das emissões de NO_x e CO₂ também não garantem o cumprimento da meta de 2028. Desta forma, os resultados indicam que a entrada exclusiva de ônibus de emissão zero é urgente para o cumprimento das metas legais, não havendo espaço para a entrada de ônibus a diesel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Prefeitura Municipal de São Paulo e o SPTrans têm empreendido esforços para viabilizar a transição para tecnologias mais limpas e cumprir a Lei do Clima. Embora a lei seja neutra em termos de tecnologia, os ônibus a bateria têm se mostrado a alternativa mais disponível e economicamente viável. Vale destacar que parte da indústria nacional tem investido na produção de ônibus elétricos, reforçando a opção dos fabricantes para a descarbonização.

Essa tecnologia vem sendo adotada de forma acelerada e com sucesso em diversos países, incluindo Chile e Colômbia, resultando em reduções na emissão de poluentes, no custo de operação dos ônibus e na poluição sonora, além de proporcionar benefícios à saúde. Estudos prévios do ICCT¹² sugerem que a opção elétrica é uma das mais vantajosas para a descarbonização quando se considera todo o ciclo de vida dos combustíveis e os custos totais de propriedade, para o caso dos ônibus urbanos em São Paulo.

Pelas análises feitas a partir da frota atual, observa-se que, **para cumprir as metas legais e contratuais sem impacto financeiro adicional com a substituição acelerada da frota, é imprescindível que todos os ônibus, para todos os modelos disponíveis no mercado, sejam substituídos por tecnologia de emissão zero a partir de agora.** Essa conclusão considera a substituição para cada tipo de veículo de acordo com a oferta atual ou expectativa de oferta de veículos zero emissão. Caso novos veículos a diesel ainda sejam introduzidos nos próximos anos, será necessário retirar aqueles com menos de 10 anos da frota para atender a Lei do Clima, o que poderia comprometer o equilíbrio econômico-financeiro do sistema.

¹² Dallmann, Tim. Benefícios de tecnologias de ônibus em termos de emissões de poluentes do ar e do clima em São Paulo. ICCT, 2019. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Emissions_benefits_bus_sao_paulo_Port_20190201.pdf

Eufrásio, Ana Beatriz Rebouças et al. Análise da implantação de ônibus zero emissão na frota de um operador de ônibus da cidade de São Paulo. ICCT, 2022. Disponível em: <https://theicct.org/publication/ze-hvs-sao-paulo-brazil-mar22/>

ANEXO

Tabela 2. Metas de redução de emissões estabelecidas nos contratos de concessão com operadores de ônibus em São Paulo¹³

ANO EDITAL	REDUÇÃO DE EMISSÕES (%) - Base: 2016					
	Grupo Local de Distribuição			Grupo Estrutural e Grupo Local de Articulação Regional		
	CO ₂	MP	NO _x	CO ₂	MP	NO _x
0	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%	0.0%	0.0%
1	1.2%	26.3%	17.4%	13.60%	24.8%	20.5%
2	1.2%	39.90%	26.30%	15.30%	33.90%	27.50%
3	1.2%	62.90%	46.60%	18.00%	39.10%	32.10%
4	1.2%	67.00%	49.50%	31.70%	61.70%	53.20%
5	10.4%	71.60%	57.20%	38.10%	78.80%	68.30%
6	19.6%	76.00%	64.40%	44.90%	82.60%	73.20%
7	32.2%	81.60%	73.50%	47.70%	85.30%	77.90%
8	41.9%	86.40%	82.50%	48.70%	87.60%	84.30%
9	50.4%	90.70%	93.00%	50.40%	90.30%	89.70%
10	55.30%	91.10%	93.20%	55.30%	90.80%	90.20%
11	60.30%	91.50%	93.40%	60.30%	91.30%	90.70%
12	65.30%	92.00%	93.60%	65.30%	91.70%	91.30%
13	70.20%	92.40%	93.80%	70.20%	92.20%	91.80%
14	75.20%	92.80%	94.00%	75.20%	92.70%	92.30%
15	80.10%	93.30%	94.20%	80.10%	93.10%	92.90%
16	85.10%	93.70%	94.40%	85.10%	93.60%	93.40%
17	90.10%	94.10%	94.60%	90.10%	94.10%	93.90%
18	95.00%	94.60%	94.80%	95.00%	94.50%	94.50%
19	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

¹³ Contratos de concessão disponíveis em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/acesso_a_informacao/index.php?p=284142

CONTATO

zebra@theicct.org
zebra@c40.org



APOIO



FINANCIADORES E FACILITADORES



SÓCIOS PRINCIPAIS