

**URBS – URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A.
COMISSÃO ESPECIAL DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS
PÚBLICOS DA URBS**

**RELATÓRIO TÉCNICO DE TESTE OPERACIONAL DO VEÍCULO ARTICULADO
ELETRA (XY048) PELO CHAMAMENTO PÚBLICO PARA A DEMONSTRAÇÃO
DE ÔNIBUS ELÉTRICOS EM CURITIBA – EDITAL 001/2023**

**OGENY PEDRO MAIA NETO
PRESIDENTE DA URBS**

**ALDEMAR VENANCIO MARTINS NETO
PRESIDENTE DA COMISSÃO ESPECIAL
DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS
PÚBLICOS DA URBS**

**CURITIBA
ABR/2025**

DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL

CELSO FERREIRA LUCIO
Gestor da Área de Especificação
e Inspeção de Frota

ALYSON PRADO WOLF
Coordenador da Unidade
de Inspeção de Frota

COMISSÃO ESPECIAL DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS PÚBLICOS DA URBS

ALDEMAR VENANCIO MARTINS NETO
Presidente da Comissão

SERGIO LUIS DE OLIVEIRA
Diretor de Mobilidade Urbana e
Membro da Comissão

CELSO FERREIRA LUCIO
Membro da Comissão

CLAUDINEI CRISTIANO MORO
Membro da Comissão

THIAGO A. SIELSKI MARQUARDT
Membro da Comissão

SAMUEL FREIRE AGOSTINHO
Membro da Comissão

1. INTRODUÇÃO

Este relatório se propõe a apresentar uma descrição técnica e concisa da circulação-teste realizada no transporte coletivo de Curitiba com o veículo do tipo Articulado de propulsão elétrica a bateria, de piso baixo (*Low Entry*), trazido pela fabricante Eletra para demonstração operacional em Curitiba, em atenção ao Edital de Chamamento Público para a Demonstração de Ônibus elétrico em Curitiba, de nº. 001/2023, para o qual foi identificado com o prefixo **XY048**.

Trata-se da apresentação de veículo Articulado Elétrico, da marca Eletra, desenvolvido através da eletrificação de um chassi Mercedes O500UDA, a fim de oportunizar, principalmente, a avaliação de desempenho operacional de ônibus 100% elétrico, com sistema de climatização e demais outras funcionalidades e sistemas embarcados, visando proporcionar maior conforto e comodidade aos passageiros.

Ressalte-se ainda que em outubro de 2023 este veículo já havia sido trazido à Curitiba para avaliação operacional pelo chamamento público do Município, quando, entretanto, rodou apenas por uma semana devido a problemas em seu trem de força, precisando, por entendimento do proponente, interromper os testes naquela oportunidade para ser recolhido à fábrica para verificação e ajustes no referido sistema que, após ser tecnicamente revisado, foi agora novamente apresentado em atendimento ao Edital 001/2023.

2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO VEÍCULO



Figura 1: Ônibus Articulado Eletra e-BUS

O ônibus sob avaliação, objeto deste relatório, é do tipo Articulado, de piso baixo (*Low Entry*), com 21,49 metros de comprimento; 3,51 metros de altura e 2,55 metros de largura, supra-apresentado com a comunicação visual padronizada para os testes em Curitiba.

Conforme informações do fabricante, o veículo tem sistemas de baterias do tipo LiFePO_4 (fosfato de ferro-lítio – LFP) fabricadas pela WEG e sua propulsão é exclusivamente elétrica através de motor elétrico assíncrono de indução também fabricado pela WEG, sendo este instalado na parte central traseira do veículo.

Apenas para maior esclarecimento, os motores de indução produzem um campo magnético rotativo a partir da tensão alternada no estator que, por sua vez, induz um segundo campo pelo rotor e o faz girar em uma velocidade ligeiramente diferente do estator, razão pela qual é denominado de assíncrono. Os referidos motores de indução são abundantes e oferecem o melhor custo-benefício do mercado, apresentando um controle simples, porém com torque de arranque baixo e pico elevado de corrente na partida.

Além disso, na primeira passagem por Curitiba, o motor estava acoplado a uma caixa automática de 6 velocidades da marca Alisson que, após retorno e avaliação técnica na fábrica, a Eletra entendeu que esse conceito teria sido uma das causas da perda de eficiência e elevado consumo, sendo então retirada do projeto do veículo. Contudo, para suprir a ausência da transmissão, o motor WEG original, de aproximadamente 260 kW (353 cv) foi substituído por um motor WEG High Torque de

355 kW (476 cv), capaz de suprir a necessidade operacional, dispensando a presença de caixa de transmissão.

Demais principais características atualizadas do modelo em teste são apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Descritivo das principais características do XY048

MODELO	Eletra e-Bus Articulado Piso Baixo
CHASSI	O500UDA/Low Entry – Mercedes
MOTOR	1 motor Weg assíncrono de indução com controle de posição por <i>encoder</i> ¹ incorporado
NÍVEL DE EMISSÕES	Zero emissões diretas de CO ₂ e poluentes atmosféricos
POTÊNCIA	1x 355 kW (1x 476 cv)
CAPACIDADE DO BANCO DE BATERIAS	508 kWh
TORQUE	1x 3900 Nm
DIREÇÃO	Hidráulica
FREIOS	ABS com sistema regenerativo
SUSPENSÃO	Sistema pneumático com controle eletrônico Função ajoelamento de série
DIMENSÕES PNEUS	295/80 R22,5
AUTONOMIA	Até 220 km
TEMPO DE RECARGA	3 a 4 horas
CARROCERIA	Caio Millennium IV/Low Entry
PORTAS OPERACIONAIS	3 portas LD (Tipo Envolvente) Sistema Pneumático
CAPACIDADE	48 sentados e 92 em pé Total de 140 passageiros

Fonte: Eletra (2025).

3. DESEMPENHO OPERACIONAL

A circulação oficial do veículo XY048 em Curitiba, a partir do sistema de bilhetagem eletrônica, foi programada de 08/03 a 27/03/2025, conforme cronograma demonstrado a seguir na Tabela 2.

¹ O **Encoder** é basicamente um sensor eletromecânico cuja funcionalidade é transformar posição em sinal elétrico digital.

Tabela 2: Cronograma de Teste do XY048

Linha	Carga	Período
021 – Interbairros II (AH)	Sem passageiros	08/03/2025
021 – Interbairros II (AH)	Com passageiros	10/03/2025 a 25/03/2025
350 – Atuba/Pinheirinho	Sem passageiros	26/03/2025 e 27/03/2025

Conforme padronizado para todos os ônibus-teste, o primeiro dia de circulação, realizado em 08/03/2025 no itinerário da linha Interbairros II (AH), foi sem passageiros e sem ar-condicionado, tendo o veículo rodado nesse dia 242 km, saindo da garagem com 99,8% de carga das baterias para iniciar a circulação às 05h40 no Terminal Cabral e rodando ininterruptamente até as 18h34, sendo recolhido do Terminal Capão Raso com 13,1% de carga e chegando à garagem às 19h17 com 9,3% de bateria.

Na sequência, no dia 10/03/2025, o veículo passou a operar na linha 021 com passageiros e ar-condicionado ligado, lá operando até 25/03/2025, contemplando em sua tabela uma recolhida para carregamento na garagem, conforme padrão de estratégia de recarga já efetuado com demais veículos-teste.

Destaque-se como importante funcionalidade desse modelo de ônibus o recurso técnico de assistência de partida em rampa, que atua no momento da arrancada evitando que o carro “volte para trás” ao iniciar seu movimento/circulação num aclave acentuado.

Após operar na linha 021 – Interbairros II (Anti-horário) até o dia 25/03, vislumbrou-se a oportunidade de escalá-lo para operação em uma linha expressa, sendo definida a 350 – Atuba/Pinheirinho, uma das linhas expressas executada pela empresa operadora Glória, do consórcio Pontual, permitindo uma avaliação do desempenho operacional em uma linha com pontos de parada mais distantes.

Dada a configuração de portas, o veículo operou sem passageiros nos dias 26 e 27/03/2025, mas em alinhamento entre APD e AOC, com ar-condicionado ligado e sem recarga intermediária, operando até o limiar de segurança da bateria, encerrando, por fim, o período dos testes de rodagem do ônibus Eletra e-Bus Articulado em Curitiba, identificado pela URBS com o prefixo **XY048**.

4. CONSUMO DE BATERIA

Sobre a análise de consumo de bateria, a Tabela 3 a seguir apresenta os respectivos dados, que foram compilados e disponibilizados à Área de Especificação de Frota pela Área de Planejamento e Desenvolvimento, face à competência por tal.

Tabela 3: Dados de consumo médio

Veículo	Quilometragem média diária (km)	Bateria Nominal (kWh)	Consumo Médio (kWh/km)
XY048	206,31	508	2,10

Fonte: APD/URBS.

Esclareça-se que a quilometragem média se refere ao valor médio trafegado diariamente durante o teste, sem distinção de linhas que, em paralelo ao consumo de bateria aferido, resultou no consumo médio de 2,10 kWh/km para o XY048, valor este adequado para o porte do veículo, para o qual o Manual de Especificações da Frota (MEF) da URBS estabelece como limite o consumo máximo de 2,40 kWh/km.

5. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE CHASSI E CARROCERIA

Em relação à acessibilidade, tal como seus pares já avaliados pelo Edital nº 001/2022, o embarque e desembarque é facilitado devido à concepção *Low Entry* dos ônibus, todavia, isso implica em desnível interno e degraus para acesso à porção traseira dos veículos. Contudo, em uma síntese geral, essas condições de acessibilidade ainda são identificadas como mais favoráveis em comparação aos carros de piso alto, uma vez que isso dispensa a aplicação de Plataforma Elevatória Veicular (PEV), sendo esta substituída por uma Rampa de Acesso Veicular (RAV), que facilita o acesso, bem como causa menor indisponibilidade operacional decorrente de manutenção do equipamento.

O veículo avaliado apresenta portas de ambos os lados, em conceito operacional aplicável em outras regiões que, entretanto, é inaplicável em Curitiba, razão pela qual as portas do lado esquerdo foram desabilitadas para que pudesse operar com a devida segurança na linha Interbairros II, que tem acesso apenas pelas portas do lado direito. Posteriormente, o ônibus ainda circulou sem passageiros no

trajeto de uma linha expressa, que além de modulação específica de portas, exige veículos de piso alto.

Em virtude desta configuração, há apenas três portas do lado direito, sendo apenas uma no primeiro vagão e estando a catraca mais próxima à articulação, contudo, em uma incorporação definitiva, a carroceria teria que atender ao leiaute interno preconizado para Curitiba.

6. AVALIAÇÃO DO DESGASTE DOS PNEUS

O tópico ora a ser discorrido se faz necessário por conta de se tratar de veículo mais pesado em virtude das baterias embarcadas, portanto, a inclusão deste item “**pneus**” no presente relatório é muito importante, ainda que se tenha uma ampla preconização pelos proponentes de que os veículos elétricos possuem menores custos de manutenção. Desse modo, no sentido de se identificar e demonstrar o real comportamento dos pneus, considerando eventual divergência à mencionada divulgação dos fabricantes, especialmente nos eixos de tração, apresenta-se na Tabela 4 a síntese das aferições do desgaste dos pneus durante os testes operacionais do veículo **XY048**.

Tabela 4: Aferições do desgaste dos pneus do veículo XY048

Posição do pneu	Medição Inicial	Medição Final	Desgaste (mm)
	07/03/2025	28/03/2025	
	Odômetro (km)		
	24.558	29.033	
Dianteiro Esquerdo (DE)	15,35	14,16	1,19
Dianteiro Direito (DD)	15,18	13,96	1,22
2º Eixo Esquerdo Externo (2EE)	17,34	16,69	0,65
2º Eixo Esquerdo Interno (2EI)	17,25	16,61	0,64
2º Eixo Direito Externo (2DE)	17,13	16,18	0,95
2º Eixo Direito Interno (2DI)	16,91	15,97	0,94
3º Eixo Esquerdo Externo (3EE)	13,33	12,11	1,22
3º Eixo Esquerdo Interno (3EI)	12,83	11,72	1,11
3º Eixo Direito Externo (3DE)	12,79	12,04	0,75
3º Eixo Direito Interno (3DI)	13,71	12,89	0,82
4º Eixo Esquerdo (4E)	12,78	11,39	1,39
4º Eixo Direito (4D)	15,54	14,46	1,09
Média - Eixos de Tração			0,98
Média - Eixos Livres			1,01
Média - Geral			1,00

Fonte: Empresa T.C. Glória; Compilação: UIF/AEF.

Em resumo, o desgaste médio por pneu observado no veículo elétrico XY048 foi de 1,00 mm para uma circulação de 4.475,0 km, correspondendo a um desgaste de 2,23 mm a cada 10.000 km. Em comparação, os dados técnicos históricos dos ônibus a diesel de Curitiba apontam para uma média de 1,67 mm a cada 10.000 km, o que denota um desgaste de pneus no veículo elétrico XY048 em torno de 33% a maior em relação ao comumente verificado nos carros, ou seja, um consumo mais acentuado em desfavor ao ônibus elétrico em comparação a suas contrapartes a combustão.

Destacam-se, todavia, as limitações desta análise comparativa com os ônibus operantes no Sistema de Curitiba, uma vez que existem vários parâmetros que influenciam no consumo dos pneus e que não podem ser isolados para essa análise,

tais como o perfil de condução; linhas e pavimentos em que os ônibus circularam; predominância de tempo seco ou chuvoso; temperatura ambiente durante a operação; procedimentos de gestão dos pneus; bem como o desgaste não linear de cada marca de pneu ao longo de sua vida, dentre outros fatores.

Todavia, provavelmente em virtude do maior peso do veículo elétrico **XY048** em teste e do conceito de propulsão, é possível inferir que este consome sim pneus em proporção maior quando comparado ao veículo a combustão, sendo importante registrar que a sua proporção de aproximadamente um terço a maior ainda está sujeita a diversas variáveis não isoláveis, as quais já foram acima elencadas.

7. AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE AR-CONDICIONADO

Durante a avaliação operacional em Curitiba, o sistema de ar-condicionado do veículo se mostrou eficiente, mantendo a temperatura interna estável em 23,5 °C, conforme parâmetro definido para o teste.

8. ESTIMATIVA DE BENEFÍCIO AMBIENTAL EM TERMOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA – GEE's

Em análise à emissão de GEE's, apresenta-se a seguir, na Tabela 5, a redução de CO_{2eq} em relação a modelos diesel equivalentes, esclarecendo que os valores apresentados consideram as médias do fator de emissão indireta do Sistema Interligado Nacional (SIN) do ano de 2021 (0,1264 tCO₂/MWh) como a pior situação e a do ano de 2022 (0,0426 tCO₂/MWh) como a melhor situação no que se refere à emissão de Gases de Efeito Estufa.

A análise considerou a comparação do XY048 com um veículo Articulado operante em Curitiba com diesel B14, com média de consumo de 0,753 L/km (Tarifa Técnica de Curitiba).

Tabela 5: Estimativa de emissões de GEE's por quilômetro – XY048

Emissões de CO _{2eq} (g/km)			Reduções de CO _{2eq} (g/km)		Reduções de CO _{2eq} (%)	
Elétrico Pior caso	Elétrico Melhor caso	Diesel	Elétrico Pior caso	Elétrico Melhor caso	Elétrico Pior caso	Elétrico Melhor caso
265,44	89,45	1.714,40	1.448,96	1.624,95	84,5%	94,8%

A partir dos dados da Tabela 5, nota-se que a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa variou de cerca de 84,5% (fator de emissão SIN pessimista) até acima aproximadamente 95% (fator de emissão SIN otimista), ou seja, em ambos os cenários há importante redução da emissão de CO_{2eq}.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante registrar que o veículo-teste **XY048**, Eletra e-Bus Articulado, desenvolvido a partir da eletrificação do chassi Mercedes O500UDA, não foi concebido visando as especificações técnicas para Curitiba, sendo trazido à cidade para o teste operacional com o objetivo de identificar em campo a aplicabilidade de sua tecnologia elétrica 100% a bateria no transporte coletivo desta Capital, conforme previsto no já mencionado Edital de Chamamento Público 001/2023.

Nesse foco, pode-se considerar que, em todas as linhas operadas no teste, o veículo foi capaz de atender à necessidade operacional em termos de desempenho, conforto e dirigibilidade, retomando a velocidade com eficiência, quando se faz necessário, e cumprindo devidamente a tabela horária estabelecida. O consumo de bateria do XY048 se demonstrou dentro dos parâmetros preconizados, com uma média de 2,10 kWh/km e a climatização se mostrou eficiente ao manter estável a temperatura interna programada para 23,5 °C.

Em relação à altura, tal como todos os ônibus elétricos avaliados, esta é superior a seus pares a diesel, todavia, a altura de 3,51 metros não está entre os piores casos dos testes, vez que ainda é 17 cm mais baixo em comparação ao outro veículo articulado avaliado. Ressalte-se que a altura do XY048 é inferior à mais conhecida e crítica interferência viária de Curitiba para as linhas do transporte coletivo, a obra de arte urbana, aqui chamada de Ponte Preta, que fica localizada na Rua João Negrão esquina com a AV. de Setembro, e pela qual veículos com mais de 3,60 metros não podem passar e, portanto, devem desviar suas rotas.

Sobre o consumo de pneus, o desgaste no veículo elétrico XY048 foi 33% superior à média apresentada em um veículo a combustão que, apesar das limitações citadas para a aferição, demonstrou uma tendência de desgaste mais acelerada nesse veículo, porém, ainda assim, em alinhamento com os seus pares elétricos já avaliados em Curitiba.

Em relação às emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE's), pôde-se aferir que, mesmo adotando fator referente a um ano de maior emissão (2021), obteve-se uma redução mínima de cerca de 85% em comparação ao diesel. Noutra análise, a partir de um cenário mais otimista considerando o ano de 2022, em que o fator de emissão foi baixo, o índice da redução da emissão de GEE's dos elétricos em relação ao diesel foi da ordem de 95%.

Isso ocorrido e, a partir dos pontos positivos e negativos observados pelo acompanhamento técnico embarcado na operação e dos resultados numéricos aferidos e apresentados neste material, pode-se concluir que o modelo de ônibus elétrico ora estudado denota potencial aplicabilidade no sistema de transporte público de Curitiba.

De extrema relevância e obrigatoriedade, destaque-se por derradeiro, que a aquisição desse modelo de veículo para operação definitiva no transporte coletivo de Curitiba demanda a sua fabricação com o devido e integral atendimento ao Manual de Especificações da Frota da URBS (MEF/URBS), o que não foi o caso do veículo em questão, sendo também verdade a inexigência disso para o teste, tendo em vista que o propósito do Edital de Chamamento é, e ainda será para demais eventuais novos proponentes, a avaliação do atendimento operacional às linhas do sistema, principalmente em termos de desempenho e consumo do ônibus.