REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS OU TRANSFERÊNCIA ESPACIAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL? ESTUDO DE CASO SOBRE MOBILIDADE URBANA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP

Environmental impacts reduction or spatial transfer of environmental degradation? Case study on urban mobility in São José dos Campos, São Paulo

DIEGO WILLIAMY GATINHO DA SILVA
CEFET-RJ

PAULO ROBERTO RIBEIRO

MARCELO SAMPAIO DIAS MACIEL
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA - CEFET/RJ

URSULA GOMES ROSA MARUYAMA
CEFET-RJ

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS OU TRANSFERÊNCIA ESPACIAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL? ESTUDO DE CASO SOBRE MOBILIDADE URBANA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP

Objetivo do estudo
Analisar a transição para a mobilidade elétrica no transporte coletivo urbano, ou seja, a adoção de Veículos Leves sobre Pneus (VLPs), a partir do caso da Linha Verde, na cidade de São José dos Campos.

Relevância/originalidade
O uso de combustíveis fósseis contribui para a poluição local e para as emissões de gases de efeito estufa, como o CO?. A eletrificação do transporte surge como alternativa sustentável, impulsionada inclusive por pressões internacionais.

Metodologia/abordagem
Abordagem qualitativa, exploratória e descritiva-analítica, com levantamento bibliográfico e documental, além da análise de dados operacionais estimados pela gestão municipal de São José dos Campos, referentes à poluição atmosférica dos ônibus convencionais em comparação à eliminação das emissões diretas dos VLPs.

Principais resultados
Observação de que a implementação do projeto da Linha Verde priorizou aspectos econômicos e operacionais, com secundária consideração sobre a origem da energia utilizada.

Contribuições teóricas/metodológicas
Estudo analítico sobre a redução da degradação ambiental comparativo com a promoção de transferência espacial dos impactos para as regiões geradoras de energia, considerando a dependência da matriz elétrica brasileira de base predominantemente hidrelétrica.

Contribuições sociais/para a gestão
São José dos Campos avançou significativamente ao diversificar o abastecimento da Linha Verde na segunda fase de operação do projeto.

Palavras-chave: Matriz Energética, Mobilidade Urbana, Mercado Livre de Energia, Ônibus Elétrico, Linha Verde

Environmental impacts reduction or spatial transfer of environmental degradation? Case study on urban mobility in São José dos Campos, São Paulo

Study purpose
Analyze electric mobility transition in urban public transport—specifically adopting Light Rubber-Tired Vehicles (VLPs) - Green Line project in São José dos Campos city as case study.

Relevance / originality
Although more efficient than individual transport, the use of fossil fuels contributes to local pollution and greenhouse gas emissions, such as CO?. In this context, transport electrification emerges as a sustainable alternative, driven in part by international pressures.

Methodology / approach
Qualitative approach, exploratory and descriptive-analytical nature, based on bibliographic and documentary review, as well as operational data analysis estimated by São José dos Campos municipal administration regarding atmospheric pollution from conventional buses versus elimination of direct emissions by VLPs.

Main results
This study observed that the implementation of Green Line project prioritized economic and operational aspects, while giving secondary consideration to the source of the energy used.

Theoretical / methodological contributions
An analytical study comparing environmental degradation reduction with spatial shifting impacts to energy-generating regions, regarding Brazilian electricity matrix's predominant reliance on hydroelectric power.

Social / management contributions
São José dos Campos made significant progress by diversifying the power supply for the Green Line during the project's second phase of operation.

Keywords: Energy Matrix, Urban Mobility, Energy Free Market, Electric Bus, Green Line

REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS OU TRANSFERÊNCIA ESPACIAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL? ESTUDO DE CASO SOBRE MOBILIDADE URBANA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP

1 Introdução

O crescimento populacional intensificou a urbanização no Brasil, aumentando a demanda por transporte coletivo. Apesar de mais eficiente que o transporte individual, o uso de combustíveis fósseis contribui para a poluição local e para as emissões de gases de efeito estufa, como o CO_2. Nesse contexto, a eletrificação do transporte surge como alternativa sustentável, impulsionada inclusive por pressões internacionais. Dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2026) apontam 311 novos ônibus elétricos emplacados de janeiro a maio, um crescimento de (14,3%) em relação a 2025.

No entanto, no Brasil, essa solução apresenta limitações, já que o país depende de uma matriz energética majoritariamente hidrelétrica, que também gera impactos socioambientais (Petrobras, 2026). Assim, a adoção de ônibus elétricos pode reduzir a poluição urbana, mas não necessariamente elimina impactos ambientais significativos, podendo apenas transferir espacialmente a degradação ecológica. Nesse contexto, esse trabalho analisa a problemática a partir do estudo de caso na cidade de São José dos Campos - SP.

Para tanto, adota como conceito central a transferência espacial dos impactos ambientais, entendida como o deslocamento dos efeitos negativos da poluição do espaço urbano para as regiões responsáveis pela geração de energia elétrica. Busca-se, ainda, compreender em que medida esse processo ocorre na substituição da frota de ônibus a combustão por ônibus elétricos e quais estratégias poderiam ser adotadas para sua mitigação.

Diante dos contexto apresentado, este trabalho delimita-se à análise da eletrificação do transporte coletivo urbano por meio de Veículos Leves sobre Pneus (ônibus elétricos), com foco no estudo de caso da cidade de São José dos Campos - SP. Parte-se do entendimento de que a adoção desses veículos tem sido amplamente apresentada como uma solução ambiental capaz de eliminar ou reduzir significativamente os impactos decorrentes da poluição gerada por ônibus movidos a combustíveis fósseis.

Entretanto, o estudo busca apresentar uma contradição nesse processo, uma vez que o abastecimento desses veículos ocorre, majoritariamente, por meio de energia elétrica proveniente de fontes hidrelétricas. Embora classificadas como renováveis, as discussões mais modernas associam essa matriz energética a relevantes impactos socioambientais inerentes à construção de reservatórios e à alteração de ecossistemas fluviais, florestais e comunidades humanas locais.

O enfoque de analisar a adoção de ônibus elétricos no transporte coletivo urbano, considera a dependência da matriz energética brasileira, a fim de avaliar se essa alternativa representa uma efetiva redução da degradação ambiental (Lima et al, 2019) gerada pelo meio de transporte coletivo movidos a combustível fóssil ou uma transferência espacial dos impactos socioambientais.

Apesar de eletrificação de veículos de transporte coletivo já ser discutido e esperada há, pelo menos, duas décadas no Brasil, ela ainda está longe de ser uma realidade no país. As poucas cidades que já implementaram Ônibus Elétricos à bateria no país parecem ser, ainda, apenas experimentos e são pequenas porções das frotas de transporte coletivo urbano municipal. Soma-

se a esse cenário o fato de que o carregamento desses veículos ocorre via rede elétrica convencional, vinculada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), cuja matriz ainda depende significativamente de fontes hidrelétricas e, em períodos críticos, de termoelétricas.

Apresenta-se, portanto, um paradoxo quanto ao real benefício ambiental: ao abastecer veículos elétricos com energia proveniente de fontes que geram impactos socioambientais severos ou até emissões consideráveis em sua origem, o ciclo de degradação não é interrompido, mas sim deslocado espacialmente. Assim, a redução da poluição nos centros urbanos pode mascarar a continuidade de impactos ecológicos nas regiões das fontes geradoras, configurando um processo que pode ser compreendido como transferência espacial dos impactos ambientais, o que justifica a necessidade de uma investigação crítica sobre a real sustentabilidade ambiental dessa transição.

2 Mobilidade Urbana e Sustentabilidade Ambiental

Segundo o Censo de 2022 do IBGE, o Brasil apresentou um crescimento populacional de 6,5% entre 2010 e 2022, atingindo 203,1 milhões de habitantes (Ferreira, 2025). De acordo com a pesquisa, “a maior parte do país (57% do total) habitava apenas 319 municípios”, evidenciando a concentração populacional em centros urbanos com mais de 100 mil habitantes (Ferreira, 2025). Esse processo de urbanização intensifica a demanda por serviços públicos essenciais, especialmente o transporte coletivo.

Nesse contexto, Albardeiro (2022) estabelece uma relação direta entre o crescimento urbano e o aumento da demanda por transporte coletivo, destacando que essa tendência implica em maiores impactos ambientais, sobretudo na qualidade do ar. Conforme o autor, “um dos maiores desafios da atualidade é, sem dúvida, a poluição ambiental, decorrente do transporte público, sobretudo das tecnologias que utilizam os combustíveis fósseis e com tendências de aumento, promovida pelas aglomerações urbanas” (Albardeiro, 2022, p. 21). Diante disso, “é notória a preocupação de empresas e organizações voltadas à sustentabilidade para com os recursos advindos do ambiente pois, com o aumento do número de pessoas, aumentam também as limitações dos recursos oferecidos pelo nosso planeta, devido ao consumo excessivo e utilização descontrolada dos recursos fósseis, não renováveis” (Albardeiro, 2022, p. 21).

Os poluentes gerados pelos veículos movidos a combustíveis fósseis podem ser classificados de acordo com sua área de impacto ambiental, a saber: poluentes locais e poluentes globais. Os poluentes locais geram impactos diretos nas áreas por onde o transporte opera. Entre esses efeitos estão, por exemplo, o barulho produzido pelos motores dos veículos e a emissão de fuligem (material particulado - MP) liberada pelos escapamentos. Os poluentes globais correspondem a gases liberados na atmosfera que provocam efeitos em escala planetária. Entre esses impactos está a intensificação do aquecimento global, causada principalmente pela emissão de gases de efeito estufa - GEE (Carvalho, 2011, p. 8).

O dióxido de carbono (CO_2) é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa e aumento da temperatura global (IPCC, 2021, p. 28), sendo o setor de transporte uma das maiores fontes de sua emissão (Fernandes et al, 2025, p. 10). Neste cenário, a busca por alternativas energéticas mais sustentáveis ganhou força a partir do final do século XX e início do século XXI, período em que a mobilidade urbana passou a ser associada à sustentabilidade.

O Protocolo de Kyoto, considerado o primeiro grande acordo internacional para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, estipulou metas para países desenvolvidos, principalmente para redução de emissão de CO_2 e outros gases. O Brasil, como país signatário do acordo, é consideravelmente pressionado para reduzir suas emissões. Apesar disso, por não ser listado como país desenvolvido, goza de mecanismos de financiamento internacional voltados para projetos de mitigação de emissões implementados em território nacional (Carvalho, 2011, p.8).

Para avaliação dos gases de efeito estufa, quanto ao seu potencial de aquecimento, foi estabelecido um método comparativo chamado GWP (*Global Warming Potential*), ou Potencial de Aquecimento Global. Trata-se de um índice que aponta o "poder de destruição" climática de diferentes gases em relação ao Gás Carbônico (CO_2), que é a unidade de medida padrão (GWP = 1). Considera-se o índice em duas bases temporais: o GWP_{20} e o GWP_{100}.

As métricas GWP_{100} e GWP_{20} calculam o impacto acumulado de um gás na atmosfera após o seu pulso de emissão. Enquanto o GWP_{100} integra o impacto do gás ao longo de 100 anos, considerando que gases como o CO_2 continuam absorvendo radiação infravermelha por um século, o GWP_{20} limita essa análise a duas décadas, focando no impacto imediato; por não diluir o efeito do aquecimento em um prazo estendido, esta métrica apresenta fatores de conversão mais elevados, capturando a agressividade climática dos gases nos primeiros 20 anos após serem liberados (Pinto, 2022). Em decorrência dessas distinções metodológicas, a análise das emissões das fontes geradoras de energia usadas no abastecimento dos VLPs levará em conta o Potencial de Aquecimento Global.

2.1 Eletrificação do Transporte Coletivo

Com a popularização dos debates de uma agenda de preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida nas cidades, medidas passaram a ser discutidas em diferentes vertentes. Os impactos ambientais causados pelos meios de transporte coletivo - majoritariamente ônibus a combustão no Brasil - já são alvo de atenção há décadas. Em 1986, o Governo Federal, por intermédio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Por meio da Resolução CONAMA nº 18/1986, estabeleceu-se o marco legal necessário para viabilizar estratégias de combate à poluição atmosférica de origem veicular. Com este regulamento, foram estabelecidas diversas diretrizes, inclusive limites de emissão de hidrocarbonetos para os veículos.

Durante os anos, novas metas foram estabelecidas alterando os limites de poluição atmosféricas toleradas para os novos veículos. As determinações que foram criadas ao longo dos anos ficaram conhecidas como fases do programa para redução de poluentes. Em 2026, vigora para veículos pesados, desde 1º de janeiro de 2022, a fase conhecida como P8 que reduziu drasticamente as emissões de óxidos de nitrogênio e material particulado (Conama, 2018).

A implementação da fase P8 atingiu modelos de veículos automotores a partir de 2023, contribuindo para um avanço significativo na qualidade do ar dos grandes centros urbanos. Contudo, dois aspectos limitam a eficácia plena desse avanço: primeiramente, embora as atualizações nos motores a combustão apresentem um embasamento técnico quanto à redução da poluição gerada, elas falham em eliminar a emissão imediata de poluentes, mantendo a dependência de combustíveis fósseis. Em segundo lugar, surge o fator político-estratégico ante o fato de a promoção do aprimoramento de motores tradicionais não possuir o mesmo apelo simbólico que a implementação de tecnologias disruptivas como novas frotas elétricas. Para a gestão pública, o ônibus elétrico pode atuar como um emblema tecnológico de modernidade, enquanto que melhorias em motores a combustão, ainda que tecnicamente robustas, podem ser invisibilizadas pela percepção popular, que não as associa a soluções definitivas de preservação ambiental (Ozório, 2026).

Diante desse panorama a eletrificação do transporte coletivo, incluindo o desenvolvimento de Veículos Leves sobre Pneus (VLPs - ônibus elétricos), passou a ser apresentada como uma solução promissora para a redução dos impactos ambientais nas cidades. O debate alcança os meios de comunicação, as várias instâncias governamentais e a sociedade

em geral. Segundo a secretária nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o debate para a eletrificação das frotas de transporte coletivo no Brasil é fundamental para avançar na pauta da eletromobilidade, a qual está diretamente relacionada à sustentabilidade ambiental e à melhoria da qualidade nas cidades (MDR, 2022).

Entretanto, a adoção de ônibus elétricos como solução ambiental para o transporte coletivo levanta uma questão relevante no contexto brasileiro. Embora esses veículos não emitam poluentes diretamente durante sua operação, sua sustentabilidade ambiental é impactada pela matriz energética responsável pela geração da eletricidade utilizada em seu abastecimento. No Brasil, grande parte da energia elétrica é proveniente de usinas hidrelétricas (MME, 2024), as quais, apesar de classificadas como fontes renováveis, apresentam impactos socioambientais significativos, como o alagamento de extensas áreas, a perda de biodiversidade e o deslocamento de comunidades.

Nesse sentido, surge uma contradição socioambiental: a substituição de veículos a combustão por veículos elétricos pode reduzir a poluição local nas cidades, mas não necessariamente elimina os impactos ambientais associados ao sistema energético que sustenta essa mobilidade. Esse cenário reforça a discussão se essa solução tecnológica que reduz os impactos ambientais ou apenas gera uma transferência espacial da degradação gerada.

2.2 O problema das hidrelétricas

De acordo com MME (2024), a matriz elétrica brasileira é considerada majoritariamente renovável, com mais de 80% da geração proveniente de fontes limpas, destacando-se a hídrica (aprox. 55-63%). A classificação das hidrelétricas como fonte de “energia limpa” é amplamente difundida no discurso energético, sobretudo no Brasil. No entanto, essa rotulação merece ser problematizada, pois simplifica uma realidade marcada por impactos socioambientais significativos já que “pesquisas recentes têm evidenciado impactos ambientais e sociais a curto, médio e longo prazo advindos da construção e operação de grandes barragens na Amazônia". (Fearnside, 2025)

Do ponto de vista socioambiental, as hidrelétricas não podem ser consideradas totalmente limpas, uma vez que seus reservatórios inundam grandes áreas, promovendo desmatamento e perda de biodiversidade. Tomando primeiramente como exemplo a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará, em que para a construção de sua barragem foram deslocadas 23.000 pessoas de suas localidades, territórios indígenas foram inundados alterando sua forma de subsistência, tendo ainda o grave problema da baixa assistência prestada à população retirada para a criação da represa, sendo que após 30 anos da mudança muitas pessoas anda não haviam sido indenizadas (Couto, 2021; Fearnside, 2025).

Em grandes lagos das hidrelétricas, criados artificialmente, a fauna e flora locais são altamente prejudicadas levando a consequências em cadeia, como: o crescimento levado de mosquitos transmissores de doenças; alteração e até extinção do fluxo migratório de espécies animais aquáticas; redução da disponibilidade de frutos que alimentam espécies de peixes, levando à redução, e até risco de extinção, das populações de diversas espécies de peixes, às quais eram base alimentar das comunidades locais; eliminação de matas ciliares, impactando o habitat de aves endêmicas e migratórias (Fearnside, 2025).

Além de todo o dano social e para o meio ambiente local, os reservatórios das UHE (Usinas Hidrelétricas) não são fontes geradoras de energia com emissão zero de GEE se for considerada a Análise de Ciclo de Vida (ACV) do empreendimento. De acordo com a Nota Técnica do INPA (2025), a operação de reservatórios, especialmente em regiões tropicais,

converte grandes áreas de sequestro de carbono em fontes ativas de emissão de gases de efeito estufa.

Diferentemente da queima de combustíveis fósseis, que libera predominantemente CO_2, os reservatórios hidrelétricos são produtores de metano (CH_4). A magnitude dessas emissões e a forma como o gás é liberado na atmosfera dependem de mecanismos específicos de decomposição e operação hidráulica, detalhados a seguir:

- *Decomposição Anaeróbica*: a nota técnica do INPA (2025) informa que quando a vegetação e o solo são inundados pelos lagos das represas, a ausência de oxigênio no fundo do reservatório promove a decomposição anaeróbica da matéria orgânica gerando o gás metano.
- *Potencial de Aquecimento Global*: O metano possui um potencial de aquecimento cerca de 28 a 84 vezes maior que o dióxido de carbono em um horizonte de 20 a 100 anos. (Panorama das emissões de metano e implicações do uso de diferentes métricas. 2022, p.27)
- **Ebulição de Metano**: O documento do INPA (2025) destaca que o metano acumulado nas águas profundas é liberado abruptamente quando há variações de pressão de acordo com os níveis da água no reservatório, podendo liberar grandes quantidades do gás na atmosfera.

A compreensão dos mecanismos de emissão de GEE em reservatórios é fundamental para determinar o impacto real da matriz hídrica no aquecimento global. Diante da complexidade da liberação de metano, torna-se necessário utilizar indicadores que traduzam esses eventos em equivalência de carbono, fornecendo a base quantitativa para a problematização proposta neste estudo. Contudo, o impacto varia drasticamente conforme o horizonte temporal adotado na análise. A Tabela 1 exibe as diferenças entre as métricas GWP_{20} e GWP_{100}, evidenciando como a escolha do indicador pode alterar significativamente a percepção sobre a sustentabilidade do empreendimento:

Tabela 1: Comparativo de emissões de gases de efeito estufa

Gás de Efeito Estufa (GEE)	GWP 20 anos (Impacto Imediato)	GWP 100 anos (Padrão Internacional)	Diferença de Impacto
Dióxido de Carbono (CO_2)	1	1	-
Metano (CH_4)	84	28	3,0x maior no curto prazo
Óxido Nitroso (N_2O)	264	265	Equivalente

Fonte: Adaptado de Panorama das Emissões de Metano e Implicações Do Uso De Diferentes Métricas (2022).

Mesmo diante de diversos fatores que tonam a construção de hidrelétricas um grande risco ambiental e uma problemática social, o país persiste no modelo para geração de energia. Após anos de debates e. mesmo com grande problemas apontados, foi aprovada a construção da Usina de Belo Monte no Pará e está em projeto a UHE Bem Querer no Rio Branco, no estado de Roraima, a qual não é necessária para suprir a demanda de energia local, mas tem intuito de integrar o SIN e fornecer energia para outras localidades do país.

Roraima, localizado no extremo Norte do Brasil, situa-se acima da Linha do Equador e, por estar posicionado no Hemisfério Norte, apresenta estações do ano invertidas em relação às demais regiões brasileiras. Tal característica desperta um interesse estratégico para a estabilidade energética nacional, visto que poderia fornecer energia em épocas de estiagem e baixos níveis de reservatórios no restante do SIN. Entretanto, essa lógica de integração é frequentemente utilizada para validar projetos de alto impacto socioambiental em territórios afastados dos grandes centros populacionais e econômicos, priorizando a segurança elétrica de

áreas de alta demanda a energética em detrimento dos danos ecológicos e sociais gerados nas regiões geradoras.

2.3 Mercado livre de energia

Como parte dos esforços para reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa, o Brasil implementou políticas voltadas à reestruturação e diversificação de sua matriz energética e incentivou a produção de energia a partir de fontes consideradas limpas e/ou renováveis para que o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) se adaptasse às novas demandas da sociedade nacional e internacional. Segundo Falcão (2020), a criação da Lei nº 9.074/1995 promoveu uma reformulação do setor elétrico e estruturou o Sistema Interligado Nacional (SIN), segmentando as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia.

> Em 1995 foi criada a Lei Federal nº 9.074 que teve como objetivo desverticalizar a antiga estrutura e criar o Sistema Interligado Nacional (SIN) dividindo-o em segmentos de geração, transmissão e distribuição, aprovando a competição pela distribuição de energia (iniciativa privada) e mantendo o sistema de transmissão sob o controle da União. Para atender ao novo modelo do SEB foi criado dois diferentes mercados para a compra de energia elétrica, sendo: Ambiente de Contratação Regulada-ACR e o Ambiente de Contratação Livre -ACL. (Falcão, 2020).

A partir desse marco legal, foram estabelecidos dois ambientes de contratação: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), este último permitindo que consumidores escolham seus fornecedores de energia elétrica. O chamado Mercado Livre de Energia representa, portanto, uma possibilidade de escolha de fontes energéticas para que, inicialmente, grandes consumidores com carga superior a 10 MW e, posteriormente, 3 MW, escolhessem seus fornecedores de energia, permitindo negociações diretas quanto a preço, quantidade e condições contratuais. Essa estrutura contribui para a inserção de novos agentes no setor e para o incentivo à geração de energia a partir de fontes renováveis.

A partir de nova estrutura do mercado de energia elétrica, os clientes passaram a poder escolher livremente seus fornecedores de energia, não estando mais obrigado a consumir da concessionária à qual estavam ligados diretamente no fio. Tal liberdade possibilitou que os consumidores arbitrassem suas escolhas tanto pelo aspecto econômico quanto pelo aspecto ambiental. No quesito financeiro, para migrar para o ACL, é válido uma análise de viabilidade econômica onde os custos envolvidos na operação deverão ser analisados.

A precificação de energia no Brasil é algo que apresenta certa complexidade, com variações em períodos e taxas que compõem o preço final que precisam ser bem conhecidos, como as tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e transmissão (TUST), além de outros encargos. Assim, o cliente deve buscar uma comercializadora de energia que fará tal estudo e será a ponte entre o consumidor final e a geradora de energia. No geral, as comercializadoras prometem redução de cerca de 30% nos valores de energia elétrica. Dentro do ACL é comum a distinção entre duas modalidades de energia:

- a modalidade convencional de energia é composta por fontes não renováveis ou por empreendimentos já historicamente integrados ao sistema de comercialização nacional que, basicamente, incluem as grandes usinas hidrelétricas e as centrais termelétricas de combustível fóssil.
- a modalidade de energia incentivada, instituída pela Lei nº 9.427/1996, constitui-se de fontes de baixo impacto como eólica e solar. Esta categoria é comercialmente tratada com os termos de I1, I8 e I5, uma vez que usufruem de descontos significativos -

> respectivamente 100%, 80% ou 50% - nas tarifas de uso do sistema elétrico (TUSD/TUST). Tal diferenciação tarifária é o principal atrativo econômico para o setor, distinguindo essas fontes das modalidades convencionais de geração por meio de uma estrutura de custos mais competitiva para o consumidor final.

Existe ainda o benefício caso o cliente passe a ser um gerador de energia. Ao investir na construção de uma usina fotovoltaica, por exemplo, passa-se a injetar energia no SIN, sendo então um fornecedor ao invés de apenas consumidor. Cria-se assim margem para cálculo entre energia gerada e consumida. No caso de o ator em questão gerar mais energia do que consumiu em um período, haverá o abatimento de crédito por geração de energia. Assim, quando o excedente produzido e injetado na rede elétrica, gerará créditos a serem abatidos em contas futuras de consumo de energia por até 60 meses.

No quesito ambiental, ao contratar energia no MLE, o consumidor compra energia de longo prazo baseado na sua demanda histórica e esperada para o período futuro. Dessa forma, a negociação de preços é realizada durante o período de contratação, não sofrendo com as oscilações de valor mensal, como as bandeiras tarifárias, comuns no ACR. Além da escolha por fontes mais limpas, a migração para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) representa para a gestão pública uma oportunidade de previsibilidade orçamentária e redução de custos operacionais.

A criação do MLE faz parte dos esforços nacionais para fomentar uma matriz de energia elétrica mais diversificada, limpa e descarbonizada através dos incentivos às fontes renováveis. Contudo, ainda se nota uma contradição estrutural no setor elétrico brasileiro já que paralelamente a essas medidas que visam maior sustentabilidade socioambiental, insiste-se no modelo de dependência das grandes hidrelétricas. Essa insistência em fontes convencionais de larga escala, muitas vezes justificadas pela segurança do sistema, acaba por manter o consumidor, mesmo com ambiente livre operando, atrelado a um regime de geração que carrega os severos danos socioambientais e as incertezas climáticas dos reservatórios, retardando a transição plena para modelos de menor impacto ambiental.

Embora a fonte de geração de energia majoritária no país, as hidrelétricas, seja classificada como renovável, diversos autores apontam seus impactos socioambientais, como já relatado anteriormente com base na Nota Técnica do INPA. O cenário se agrava em períodos de seca, quando a pressão sobre o sistema gerador de energia se eleva e é comum crescer a participação de termoelétricas injetando energia no SIN para suprir a demanda nacional.

3 Metodologia

O presente trabalho foi construído a partir de pesquisa qualitativa-exploratória e descritivo-analítica, tendo como objetivo central compreender a relação entre a eletrificação do transporte coletivo urbano em São José dos Campos - SP e a matriz energética brasileira, com foco na análise de uma possível transferência espacial dos impactos ambientais. As etapas do estudo foram estruturadas em três etapas:

- *Primeira etapa*: Levantamento Bibliográfico e Documental - Inicialmente, realizou-se uma revisão baseada em artigos científicos, relatórios técnicos, dispositivos legais e publicações institucionais. O escopo da busca concentrou-se nos temas de mobilidade elétrica, matriz energética e impactos socioambientais da geração de energia da principal matriz elétrica brasileira, as hidrelétricas.
- *Segunda etapa:* Estudo de Caso - Adotou-se o método de um estudo de caso, tendo como objeto a cidade de São José dos Campos (SP), com a implementação do projeto "Linha Verde", que incorpora Veículos Leves sobre Pneus (VLPs) integralmente elétricos à frota de veículos de transporte coletivo da cidade. A escolha justifica-se pela

relevância estratégica do município como um dos precursores na eletrificação de sistemas de transporte de massa no contexto brasileiro.

- *Terceira etapa*: Análise de Dados - A investigação foi conduzida por meio da análise qualitativa de materiais oficiais da prefeitura, documentos técnicos do projeto, dados operacionais da frota e especificações sobre o suprimento energético. Buscou-se identificar o modelo de abastecimento energético dos veículos, a composição da matriz elétrica ligada ao sistema de carregamento dos VLPs, as evidências de impactos ambientais locais e sistêmicos.

Complementarmente, realizou-se uma análise comparativa de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), utilizando dados estimados de emissão de CO_2 por veículos a diesel em contraste com a ausência de emissões diretas na operação elétrica. A sustentação técnica utilizou-se inicialmente do conceito de Análise de Ciclo de Vida (ACV) e a aplicação das métricas de Potencial de Aquecimento Global (GWP_{20} e GWP_{100}), permitindo apontar os impactos associados à geração de energia, com ênfase nas emissões biogênicas de metano (CH4) em reservatórios hidrelétricos.

Do ponto de vista do método de abordagem, adota-se o método indutivo, que, segundo Zanella (2009), consiste em um processo de raciocínio que parte de fatos particulares para a construção de generalizações. Nesse sentido, a análise desenvolvida neste trabalho trata-se de um estudo de caso único, de natureza descritivo-analítica de dados e evidências específicas - como o caso da adoção de ônibus elétricos em São José dos Campos - para, a partir deles, formular interpretações mais amplas sobre os desafios da mobilidade elétrica com matriz energética limpa no contexto brasileiro.

4 Estudo de caso: Mobilidade urbana em São José dos Campos -SP

No âmbito da mobilidade urbana, a cidade de São José dos Campos - SP apresenta-se como um caso relevante para análise. Com aproximadamente 697 mil habitantes e alto índice de desenvolvimento humano (IBGE, 2024), o município possui um sistema de transporte coletivo baseado majoritariamente em ônibus, incluindo uma frota composta por veículos a combustão e ônibus elétricos (PSJC, 2023).

A decisão de São José dos Campos em implementar soluções urbanas a fim de reduzir as emissões de GEE na operação do transporte coletivo local não é um fato isolado, mas sim um desdobramento da tendência mundial em busca de soluções que diminuam e/ou eliminem a dependência de combustíveis fósseis na mobilidade urbana. O município alinha-se a um debate global que se estende por décadas, desde o Protocolo de Kyoto, ao reconhecer a urgência de reduzir a poluição atmosférica e aderir aos esforços nacionais de descarbonização. A adoção de ônibus elétricos representa a materialização local de metas globais, bem como projeto nacional onde a modernização tecnológica dos meios de transporte coletivo atua como a ferramenta para o cumprimento de agendas climáticas e para a redução dos índices de poluição local.

De acordo com os documentos analisados da Prefeitura de São José dos Campos (PSJC), em 2024, a cidade possuía uma demanda no transporte em torno de 5,6 milhões de passageiros por mês, contando com uma frota de 363 ônibus, sendo 12 totalmente elétricos em operação na Linha Verde (PSJC, 2024).

A chamada Linha Verde em São José consiste em um corredor destinado à operação de ônibus elétricos, os VLPs, promovendo a integração entre região mais populosa da cidade, a zona sul, e o centro urbano. Por ser um modal 100% elétrico, o projeto foi apresentado como a principal iniciativa de transporte sustentável da cidade, focada na redução de poluentes atmosféricos e sonoros nos trajetos de maior fluxo de passageiros. (PSJC, 2019). O projeto é apresentado pela gestão municipal como um destacado avanço na busca por ser uma “cidade

inteligente", trazendo características de modernidade e sustentabilidade como por exemplo (PSJC, 2024):

- Utilização de Veículos Leves sobre Pneus (VLPs) - são ônibus articulados com propulsão totalmente elétrica, silenciosos e com zero emissão de poluentes na rodagem;
- Eficiência no deslocamento com redução no tempo do trajeto de até 50% em relação ao transporte coletivo convencional;
- Adoção do aterramento da infraestrutura elétrica, sendo subterrânea em toda a extensão da via;
- Criação da maior ciclo-faixa da cidade, percorrendo toda a Linha Verde.

A implantação da Linha Verde com o início da operação em 2022 foi um dos pontos de destaque que levaram a cidade a conquistar o Certificado de Cidade Inteligente, sendo a primeiro do Brasil a ostentar o título. O credenciamento foi chancelado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), tendo levado em conta diversos indicadores presentes nas normas: ISO 37.120, ISO 37.122 e ISO 37.123. (PSJC, 2024)

Dentre os indicadores analisados, na ISO 37.120 que normatiza parâmetros para o desenvolvimento de cidades sustentáveis, está a observação da qualidade do ar relativa a poluentes. Nesse contexto, a implementação da Linha Verde, com sua arquitetura de mobilidade urbana toda eletrificada, ganha um apelo ainda mais robusto com validação de parâmetros internacionais. Assim, os VLPs deixam de ser meros veículos de transporte coletivo com um tipo "diferente" de motorização e passam a atuar como protagonistas socioambientais, materializando a transição energética no contexto do transporte urbano.

Figura 1: Mapa da Linha Verde, que interligará áreas densamente povoadas e áreas de elevada atividade industrial



Fonte: PSJC (2026)

Embora o uso simbólico do transporte eletrificado seja uma marca da gestão municipal, a Linha Verde (Figura 1), cujo nome reforça sua proposta ecológica, fundamenta-se em diretrizes oficiais que destacam ganhos concretos para o município. Mais do que um emblema ambientalista, o projeto é apresentado formalmente como um vetor de benefícios estruturais para a cidade. É notório que a ênfase inicial apresentada nos documentos de apresentação da Linha é para questões locais como maior conectividade urbana que virá com a ampliação da malha de transporte público, recuperação de áreas degradadas para implantação da nova linha, nova ordenação do território da cidade e estímulo socioeconômico para determinadas áreas da cidade que estarão mais integradas ao tráfego urbano.

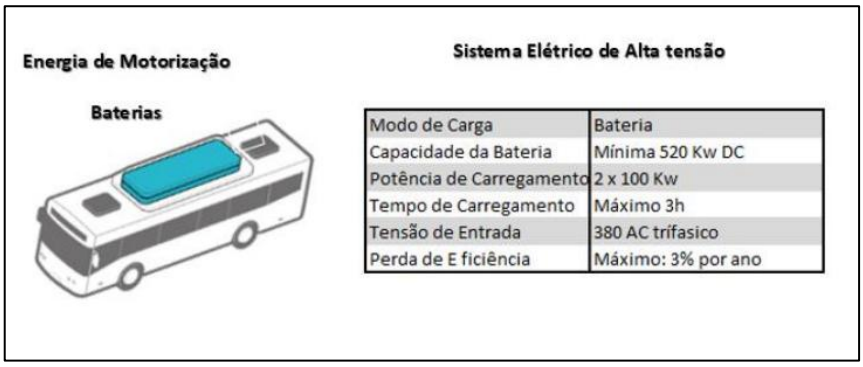
A discussão ambiental quanto a redução de emissão de gases poluentes não foi priorizada nas apresentações oficiais da Prefeitura de São José dos Campos. Os aspectos

monetário e político estão mais evidentemente destacados no projeto como visto no trecho do Plano Diretor que estabelece o objetivo de "priorizar as rotas de circulação entre as diversas centralidades como vetores para o desenvolvimento". (PSJC, 2025b, p. 2)

4.1 A eletrificação do sistema de VLPS de São José dos Campos

Desde a apresentação e discussões iniciais, a prefeitura de São José dos Campos estabeleceu que o modal para a Linha Verde seria de VLPs 100% elétricos com "com carga rápida de oportunidade nas estações ou carga tipo plugin no terminal". (PSJC, 2025b, p. 4). Os veículos da linha têm bateria de potência mínima de 520 kW DC (corrente contínua) com carregamento realizado por um sistema de 380 AC (corrente alternada) trifásico, conforme resumo na Figura 2.

Figura 2: Sistema elétrico de alta tensão para a Linha Verde.



Fonte: Adaptado de PSJC (2026)

A análise documental do projeto dos VLPs de São José dos Campos evidencia a prioridade das discussões da gestão municipal: a viabilidade econômica. Em apresentação oficial na qual o município explora a "eficiência energética e impacto ambiental", em documento homônimo, o estudo para apresentação dos veículos elétricos enfatiza a economia gerada por veículos elétricos frente aos movidos a combustão de combustíveis fósseis.

Para sustentar a defesa do projeto, é apresentada a iniciativa "Frota 100% Elétrica na Atividade de Segurança" na qual a cidade de São José dos Campos substituiu integralmente os veículos operacionais da Guarda Civil Municipal. O processo de modernização, ocorrido entre 2018 e 2019, migrou as 14 unidades do modelo GM Vectra (utilizadas no biênio 2017-2018) por 30 novos veículos movidos exclusivamente a eletricidade. Esta transição tecnológica resultou em uma economia de R$ 837.000,00 aos cofres públicos e na neutralização da emissão de gases poluentes pela frota (emissão zero).

A discussão sobre impacto ambiental direto, referente a emissão de poluentes é tratada apenas na última sessão do documento de "Eficiência energética e impacto ambiental". São apresentados dados de emissão de CO_2 estimados para ônibus a combustão de diesel para o trajeto programado da Linha Verde contrastados com a afirmação que o novo modal elétrico trará emissão zero na sua operação.

Deixar a discussão ambiental aponta a prioridade da suspenção do projeto, mesmo diante do alto potencial de impacto ambiental local positivo. Segundo a Prefeitura de São José dos Campos (2025b), "levantamentos feitos através da calculadora Pegada Ecológica da Iniciativa Verde (www.iniciativaverde.org.br), cada tonelada de CO_2 emitido, significa 7,14 árvores para serem plantadas com o intuito de compensação", como observado na Tabela 2.

Tabela 2: Comparativo de impacto ambiental: Ônibus a Diesel vs. VLP Elétrico

Parâmetros Operacionais	**Ônibus a Diesel**	**VLP**	**Vantagem Ambiental dos VLPs**
Quilometragem mensal	186.000 km	186.000 km	-
Emissão de CO_2 por km	1,3 kg	0,0 kg*	Redução de 100% (Emissão Local)
Geração Total de CO_2/mês	242,1 toneladas	0 toneladas	- 242,1 toneladas
Compensação comparada em Árvores/mês	0	1.728 árvores	+ 1.728 árvores
Compensação comparada em Árvores/Ano	0	20.734 árvores	+ 20.734 árvores
Impacto local (qualidade do ar)	Alto	Nulo	Sem emissão direta
Impacto global (matriz energética)	Direto (combustível fóssil)	Indireto	Depende da fonte elétrica

Fonte: Elaboração própria (2026)
* Nota: Considera-se emissão zero no ponto de operação do VLP.

Esse viés metodológico de priorizar os aspetos econômicos se apresenta ainda em análise de documentos posteriores à fase de projeto onde já se contabilizam resultados da implementação da Linha. A operação dos VLPs começou com testes/programa-piloto entre dezembro/2021 e julho/2022. Em agosto de 2022 iniciou-se a operação normalizada da Linha Verde. No período de novembro/2023 a abril/2024, o consumo médio dos VLP's foi de 129.520kWh/mês. Desconsiderando o período em que está ocorrendo o abatimento de crédito por geração de energia, o custo por quilômetro (R$/km) foi até 30,89% abaixo do custo de veículos movidos à combustão (diesel), considerando apenas o abastecimento (PSJC, 2024, p.3).

A predominância do critério econômico desde as fases iniciais do projeto o aspecto econômico muito acima de qualquer discussão pertinente aos impactos ambientais, pode estabelecer distorções do que se espera para a implementação de um modelo de transporte público menos degradante ao meio ambiente, ainda mais quando o projeto é batizado como Linha Verde, remetendo imediatamente ao conceito de ecologia. Diante desse espaçamento entre o marketing verde e a prioridade econômica não foram identificadas evidências de discussão pública promovida pela Prefeitura de São José dos Campos quanto à origem da energia, tendo informações focando apenas na "emissão local zero" dos novos veículos.

4.2 O abastecimento elétrico dos VLPS na fase inicial

As estações de carregamento da Linha Verde estão ligadas à rede da concessionária de energia que abastece a cidade, a EDP (Energias de Portugal). (PSJC, 2024). A análise anterior que observava um viés fortemente econômico em detrimento de aspectos de preservação ambiental se concretiza na implantação do abastecimento elétrico dos VLPs. Na fase inicial da operação, a gestão municipal optou pela conveniência logística da rede de distribuição local, negligenciando a seleção da matriz energética em prol da rapidez operacional.

A concessionária de energia EDP apresenta-se como o quinto maior grupo privado em geração de energia no Brasil. Sua capacidade instalada de geração é de 4,4 GW. Sendo que 61% dessa geração vem de hidrelétricas. O restante está distribuído entre fontes eólicas e solares. Até maio de 2025 a companhia contava também com uma termoelétrica no Ceará (EDP, 2025).

Considerando que a fornecedora de energia para a Linha Verde, a EDP, tem a predominância da fonte hídrica em seu portfólio de geração, verifica-se um vínculo direto entre a operação dos VLPs e os impactos discutidos anteriormente. Essa dependência torna a análise da métrica de aquecimento global um fator decisivo para validar a sustentabilidade do projeto, visto que ao levantar os dados de capacidade instalada da concessionária com as métricas de impacto ambiental, percebe-se que a eficiência ecológica da frota de ônibus elétricos de São José dos Campos não é um dado isolado, mas um reflexo da cadeia de suprimentos energética.

Nesse contexto, a aplicação do GWP_{20} sobre a parcela hídrica da EDP pode revelar um cenário crítico, uma vez que, conforme a análise feita no capítulo O Problema das Hidrelétricas, a utilização do GWP_{20} mostra que nos primeiros 20 anos após a emissão do CH_4, o gás liberado por reservatórios hidrelétricos é 84 vezes mais potente que o CO_2. Portanto, ao abastecer a frota joseense com energia da matriz hídrica, o benefício ambiental imediato pode ser significativamente menor do que o suposto, caso a origem da energia apresente altas taxas de emissão biogênica.

4.3 O novo modelo de abastecimento elétrico dos VLPS

Em maio de 2021 a Prefeitura de São José dos Campos lançou o edital para "contratação de empresa para fornecimento de energia elétrica verde (incentivada), para unidades consumidoras da prefeitura, no ambiente de contratação livre". (PSJC, 2021). Essa medida faz parte da evolução do projeto para torna-lo mais eficiente (Tabela 3), pelo aspecto econômico e mais limpa ambientalmente.

Tabela 2: Evolução do Perfil Energético e impacto ambiental da Linha Verde

Quesito	**Fase Inicial (2022-2023)**	**Fase Atual / Expansão (2024-2025)**	**Impacto na Sustentabilidade com a Fase atual**
Origem da Energia	Rede da Concessionária (EDP)	Solar, Biogás e Mercado Livre	Diversificação de matriz
Tipo de Energia	Convencional (Majoritariamente Hídrica)	Incentivada (I5, I8, I1)	Redução de encargos e emissões
Métrica de Emissão	Foco em "Emissão Zero" Local	Redução das emissões e impactos ambientais	Consideração global do impacto ambiental
Relação com o SIN	Dependência de reservatórios/térmicas	Descentralização via Geração Distribuída	Maior segurança energética
Principais Passivos	Emissões biogênicas indiretas (Metano) e danos socioambientais consideráveis	Baixo resíduo ambiental e economia circular	Redução do passivo ambiental real

Fonte: Elaboração própria (2026)

O edital lança concorrência tanto para a contratação direta de energia no MLE para abastecer os prédios públicos municipais, contemplando a Linha Verde, como deixa base legal para o município adquirir energia no ACL da usina fotovoltaica que viria a ser por concessão municipal segundo o edital da "concorrência pública Nº 002/SGAF/2021, em regime de concessão administrativa para a implantação, manutenção e gestão de usinas solares fotovoltaicas no modelo de geração distribuída, incluindo a gestão de compensação de crédito de energia elétrica, a fim de suprir parte da demanda energética da prefeitura de são josé dos campos".

Conforme já discutido anteriormente, a natureza da fonte de produção da energia elétrica utilizada no abastecimento dos VLPs está diretamente ligada ao grau de sustentabilidade

ambiental do projeto. Segundo o que já foi analisado pela documentação municipal, a gestão de São José dos Campos manteve inicialmente a concessionária tradicional de energia elétrica que já atendia a região para prover a eletrificação dos veículos da linha. Ainda que a concessionária, EDP, tenha em seu portfólio a maior parte da geração energética com matriz hídrica, em relação à qual já foram apresentados diversos problemas ambientais inerentes a esse modelo, este aspecto ambiental não parece ter sido levado em conta.

Atualmente, o modelo de suprimento energético para a frota de VLPs de São José dos Campos apresenta uma configuração tecnicamente mais coerente com o conceito de sustentabilidade e a ideia verde no empreendimento. A composição matricial diversificou-se para incluir energia solar fotovoltaica, proveniente de usina em Cachoeira Paulista, e o aproveitamento de biogás gerado no aterro sanitário municipal. (PSJC, 2025). Esta transição para o Mercado Livre de Energia e para a Geração Distribuída (GD) não apenas otimiza os custos tarifários através das energias incentivadas, mas também mitiga a dependência da matriz hídrica convencional e seus impactos socioambientais, aproximando a Linha Verde de sua promessa original de ser ambientalmente amigável.

5 Considerações Finais

Os resultados deste estudo demonstram que a contribuição dos VLPs para a mitigação de GEE em São José dos Campos é real, dado que o novo modelo tecnológico elimina as emissões diretas durante a rodagem. Contudo, a redução efetiva dos impactos socioambientais depende fortemente da cadeia de suprimentos energética. A análise evidenciou que as grandes hidrelétricas, ainda majoritárias na matriz elétrica brasileira na data deste estudo, geram danos nas regiões em que estão instaladas, como o desmatamento de áreas sequestradoras de carbono e a emissão contínua de metano (CH_4). Devido à arquitetura do Sistema Interligado Nacional (SIN), o consumo elétrico em centros urbanos ou empreendimentos pode estar vinculado a usinas geradoras distantes, como as UHEs na Amazônia, cujos impactos socioambientais penalizam populações vulneráveis e alteram ecossistemas de forma irreversível.

Pode-se deduzir que há um paralelo entre os problemas socioambientais gerados por Usinas Hidrelétricas em diversas regiões do país e as condições observadas na Amazônia. Isso ocorre porque tais empreendimentos costumam ser alocados em áreas afastadas dos grandes centros econômicos, penalizando populações comumente mais vulneráveis, financeira e politicamente, com a remoção de suas comunidades e a alteração do ecossistema original. Há, também, semelhanças quanto à presença originária de densa população vegetal e animal nas áreas alagadas, o que desencadeia processos de decomposição orgânica, geração de metano e outras mudanças drásticas no equilíbrio ecológico o que pode gerar comprometimentos ambientais local e globalmente.

Assim, a Linha Verde traz um benefício ambiental direto para o ar de São José dos Campos, mas, ao manter a dependência hídrica, e até termoelétrica em um momento, o impacto socioambiental é, nesse momento, apenas espacialmente deslocado. Tal observação baseia-se no fato de que no modelo de transporte coletivo com ônibus a diesel a poluição do ar era gerada e já percebida imediatamente no centro urbano onde os veículos operam, nos VLPs o impacto se desloca para as áreas de geração.

Não é razoável afirmar que um único projeto seja responsável pela totalidade do dano que uma usina geradora de energia provoca, uma vez que as grandes UHEs geram energia para abastecer diversas localidades e empreendimentos. Contudo, é necessário observar que a cada nova demanda energética o sistema elétrico nacional é pressionado e, por expansão, ao se manter o modelo de crescimento de demanda de energia elétrica vinculado a construção de mais

hidrelétricas para suprir tal demanda, cria-se um ciclo vicioso de degradação para o meio ambiente

Sabe-se das dificuldades de se implementar novos ecossistemas de energia, o que demanda alto investimento econômico e forte planejamento estratégico. É então compreensível, até certo ponto, que a gestão municipal priorize o aspecto econômico, dado que a administração deve ser pautada pelo princípio da eficiência nos gastos públicos. Contudo, é necessário que o poder público assuma, em muitos momentos, o protagonismo em frentes que valorizem os ativos sociais e ambientais, por vezes priorizando-os em relação ao capital. Nesse sentido, São José dos Campos avançou significativamente ao diversificar o abastecimento da Linha Verde na segunda fase de operação do projeto.

Embora a dependência inicial da matriz hídrica convencional tenha introduzido fragilidades na esperada robustez ambiental da Linha Verde, dados os aspectos sociais já mencionados e às emissões de GEE persistentes – principalmente se analisadas sob a ótica crítica do GWP_{20} - a transição para um modelo baseado no Mercado Livre de Energia e na Geração Distribuída consolidou a sustentabilidade do projeto. Ao integrar a energia solar e o biogás, a Linha Verde tornou-se substancialmente mais limpa socioambientalmente responsável. Assim, conclui-se que o potencial de redução de GEE foi plenamente atingido quando a inovação tecnológica dos VLPs foi acompanhada pela responsabilidade estratégica na escolha da fonte energética.

Referências

ABVE (2026) Brasil amplia presença dos ônibus elétricos e acelera transição para frotas mais limpa. Associação Brasileira do Veículo Elétrico.

Albardeiro, S. (2022) O papel dos ônibus elétricos a bateria, no transporte coletivo municipal: sua contribuição para o desenvolvimento sustentável. Editora Dialética.

Brasil (2002) Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE).

Carvalho, C. R. (2011) Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. Brasília, Repositório IPEA.

Conama (2018) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 490 de 16 de novembro de 2018.

Conama (1986) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 18 de 6 de maio de 1986.

Couto, R.C. (2021) Hidrelétrica de Tucuruí: impactos da malária na saúde da população atingida. Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas, v.15, n.3, pp. 79-93.

Enel (2025) Tarifa de Energia Elétrica. Documentos.

Falcão, C. et al. (2020) Estudo do mercado livre de energia elétrica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 08, Vol. 04, pp. 35-65.

Fernandes, M. et al. (2025) Transportes Terrestres e Emissões de CO2 no Brasil: Uma Análise Estrutural e Comparativa. Anais da Associação Brasileira de Estudos Regionais.

Ferreira, I. (2025) Automóvel é o meio de transporte mais utilizado no deslocamento para o trabalho. Censo 2022. IBGE. Publicado em 09/10/2025.

IBGE (2024). Cidades e Estados. Município de São José dos Campos.

Fearnside, P. (2025) Hidrelétricas na Amazônia: a falácia da "energia limpa". Nota Técnica INPA.

IPCC (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

Lima, G. C. et al (2019) Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. Revista dos Transportes Públicos, ANTP. Ano 41, pp.53-72.

Maciel, C.S. (2001) O controle dos níveis de concentração nos mercados de energia elétrica. Campinas.

MDR (2026) Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. MDR debate introdução de ônibus movidos a eletricidade às frotas de transporte público.

MME (2024) Ministério de Minas e Energia. Matriz elétrica brasileira alcança 200 GW.

Ozório, L. (2026) Além do elétrico: a disputa para descarbonizar o transporte coletivo no Brasil. Revista Exame. Online. Publicado em 06/06/2026.

Petrobras (2026) Matriz energética: o que é e o que estamos fazendo para torná-la ainda mais renovável no Brasil. Entenda o que é matriz energética e como o Brasil se tornou referência em transição para fontes renováveis no cenário global da energia.

Pinto, T. et al. (2023) Panorama das Emissões de Metano e Implicações do uso de diferentes Métricas. Observatório de BioEconomia FGV.

Portal EDP. (2025) EDP fecha acordo para venda de 20% na central a carvão de Pecém no Brasil.

PSJC (2025a) Prefeitura de São José dos Campos. Certificação - Cidade Inteligente.

PSJC (2025b) Prefeitura de São José dos Campos. Linha Verde. Documentos.

PSJC (2025c) Prefeitura de São José dos Campos. Prefeitura economiza mais R$ 6 milhões com uso de energia limpa.

PSJC (2025d). Prefeitura de São José dos Campos. Pregão Eletrônico nº 158/SGAF/2025.

PSJC (2024) Prefeitura de São José dos Campos. Novo Transporte Público.

PSJC (2023) Prefeitura de São José dos Campos. Planejamento do Sistema de Mobilidade Urbana.

PSJC (2021) Prefeitura de São José dos Campos. Concorrência Pública Nº 001/ SGAF/2021, para contratação de empresa para fornecimento de energia elétrica verde.

Silveira, P.G. (2018) Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. Opinión Jurídica, v.17, n.33, pp. 123-147.

Zanella, L. (2009) Metodologia de Estudo e de Pesquisa em Administração. CAPES/UFSC.