

PRODUTO 03 · GUIA DE ORIENTAÇÕES PARA CONTRATAÇÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA
PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ELETRIFICAÇÃO DE FROTAS DE ÔNIBUS URBANOS

Guia de Apoio à Contratação de Projetos de Eletromobilidade no Transporte Público Coletivo

Produto da Cooperação Financeira Alemã, através do Empréstimo Programático (PBL) Transição da Mobilidade Sustentável. Ação 2.4 da MPP da Estruturação da Mobilidade Urbana Sustentável no Brasil (P-MUS).

JUNHO / 2026

AÇÃO 2.4 DA MPP DO P-MUS — FICHA TÉCNICA E INSTITUCIONAL

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

Luís Inácio Lula da Silva

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MCID)

Ministro das Cidades

Antônio Vladimir Moura Lima

Secretário Nacional de Mobilidade Urbana

Marcos Daniel Souza dos SantosDiretora do Departamento de Regulação
da Mobilidade e Trânsito Urbano - DERE**Danielle Costa de Holanda**Diretor do Departamento de Infraestrutura
da Mobilidade Urbana - DEMOB**Marcell Alexandre de Oliveira Costa**

Coordenação-Geral de Planejamento da Mobilidade Urbana

Alceu Justus Filho**Gláucia Maia de Oliveira****Julia Rabello Spinelli****Meire Sayuri Yoshihara Marra****William Leal Lopes Brandão**

Departamento de Infraestrutura da Mobilidade Urbana

Isaque de Souza Silva**Simoni Soares da Silva**

Apoio Institucional

KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU — KfW

Fabrizio Pietrobelli**Luis Abalo**

ELABORAÇÃO E EQUIPE DE REVISÃO

Dinamo Consultores

Diogo Pires Ferreira

Pollyana Abreu

Alana de Almeida Santos

Base Engenharia Consultiva

Maurício Romero

Ministério das Cidades

Danielle Costa de Holanda

Julia Rabello Spinelli

Alceu Justus Filho

Simoni Soares da Silva

Meire Marra

Isaque de Souza Silva

CONTEXTO DO DOCUMENTO

Este relatório é produzido no âmbito da Cooperação Financeira Alemã por meio do Empréstimo Programático de Transição da Mobilidade Sustentável (P-MUS), contratado pelo Ministério das Cidades (SEMOB/MCID) com apoio do KfW. Este documento busca disponibilizar um guia com orientações técnicas para apoiar entes subnacionais na contratação de assistência técnica para elaboração de projetos de eletrificação de frotas de ônibus de transporte público coletivo urbanos, com foco no fortalecimento da descarbonização.

Apresentação

A transição energética das frotas de ônibus de transporte público coletivo representa um dos principais desafios contemporâneos da mobilidade urbana brasileira. Mais do que a substituição tecnológica de veículos, a eletrificação exige planejamento integrado, capacidade institucional e coordenação entre diferentes atores, envolvendo aspectos jurídicos, operacionais, financeiros, energéticos e regulatórios.

Nesse contexto, este Guia foi desenvolvido com o objetivo de apoiar entes subnacionais na contratação de assistência técnica especializada para estruturação e implementação de projetos de eletrificação. O conteúdo está organizado em formato de passo a passo destacando procedimentos, pontos de atenção e orientações pertinentes para cada etapa. Desta maneira, o documento se estrutura em 5 etapas:



Cada uma das cinco etapas reúne os passos pertinentes e contemplam procedimentos, recomendações técnicas e elementos de apoio à tomada de decisão. Embora as etapas estejam organizadas em uma sequência lógica recomendada, o Guia foi concebido para utilização flexível. Municípios e estados com diferentes níveis de maturidade institucional poderão adaptar a profundidade e a ordem das etapas e os passos que cada uma contempla, conforme suas necessidades específicas.

A CADA PASSO O LEITOR ENCONTRARÁ

- ▶ **Texto introdutório**, apresentando os objetivos e a relevância da etapa;
- ▶ **Procedimentos recomendados**, organizados em sequência lógica de execução;
- ▶ **Pontos de atenção**, destacando riscos, desafios e aspectos críticos para tomada de decisão;
- ▶ **Orientações para contratação** de assistência técnica, indicando perfis profissionais e escopos mínimos recomendados;
- ▶ **Produtos passíveis de contratação**, com exemplos de entregáveis esperados ao final de cada etapa.

O conteúdo aqui apresentado não pretende esgotar a complexidade do tema, mas oferecer uma referência objetiva, aplicável e adaptável à realidade brasileira. Desta maneira, contribuir para reduzir incertezas, fortalecer capacidades institucionais e apoiar na contratação de assessorias técnicas de qualidade para implementação de projetos de transporte público mais sustentáveis, resilientes e alinhados aos compromissos climáticos nacionais.

LEITURA NÃO-LINEAR

Municípios e estados em diferentes estágios de maturidade podem iniciar pela seção mais relevante para seu momento institucional. Cada seção é autocontida e referencia as demais quando necessário.

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas

API — Application Programming Interface — interface de integração entre sistemas

ART — Anotação de Responsabilidade Técnica — documento do CREA

BMS — Battery Management System — sistema de gerenciamento de baterias

BRT — Bus Rapid Transit — sistema de ônibus de alta capacidade em faixa exclusiva

CAPAG — Capacidade de Pagamento — metodologia do Tesouro Nacional

CAPEX — Capital Expenditure — investimento em ativos fixos

CC — Corrente Contínua

CCO — Centro de Controle Operacional

COFIEX — Comissão de Financiamentos Externos

CONAMA — Conselho Nacional do Meio Ambiente

DCDC Converter — Conversor CC-CC — conversor de tensão contínua

DR — Dispositivo Diferencial Residual — proteção contra choques elétricos

DSCR — Debt Service Coverage Ratio — índice de cobertura do serviço da dívida

DTC — Diagnostic Trouble Code — código de falha de diagnóstico veicular

DPS — Dispositivo de Proteção contra Surtos

EPI — Equipamento de Proteção Individual

ESG / ASG — Ambiental, Social e Governança — critérios de sustentabilidade corporativa

GPS — Global Positioning System — sistema de posicionamento global

Headway — Intervalo de tempo entre viagens consecutivas de uma linha

IEC 62443 — Norma internacional de segurança cibernética industrial

Interoperabilidade — Compatibilidade entre sistemas e equipamentos de diferentes fabricantes

kWh — Quilowatt-hora — unidade de energia elétrica

kWh/km — Consumo energético por quilômetro percorrido

Leasing — Arrendamento mercantil de ativos

LOTO — Lockout/Tagout — procedimento de bloqueio e etiquetagem de energia

MTBF — Mean Time Between Failures — tempo médio entre falhas

MTTR — Mean Time To Repair — tempo médio para reparo

NDC — Nationally Determined Contributions — Contribuições Nacionalmente Determinadas

Novo PAC — Programa de Aceleração do Crescimento, eixo Cidades Sustentáveis e Resilientes, subeixo Mobilidade Urbana Sustentável

NR-10 — Norma Regulamentadora de segurança em instalações e serviços de eletricidade

NR-12 — Norma Regulamentadora de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

NR-35 — Norma Regulamentadora de trabalho em altura

OBD — On-Board Diagnostics — diagnóstico embarcado do veículo

OCPP — Open Charge Point Protocol — protocolo aberto de comunicação de carregadores

OPEX — Operational Expenditure — despesas operacionais recorrentes

Pentest — Penetration Test — teste de invasão para avaliação de segurança cibernética

PNCP — Portal Nacional de Contratações Públicas

PPP — Parceria Público-Privada

QR Code — Código de resposta rápida bidimensional

RRT — Registro de Responsabilidade Técnica — documento do CAU

SAMU — Serviço de Atendimento Móvel de Urgência

SIG — Sistema de Informações Geográficas

SLA — Service Level Agreement — acordo de nível de serviço

Smart Charging — Sistema inteligente de gestão e otimização de recarga

SoC — State of Charge — estado de carga da bateria (%)

SoH — State of Health — estado de saúde da bateria (capacidade residual)

SPE — Sociedade de Propósito Específico — empresa criada para projeto específico

SPDA — Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

TAC — Termo de Ajustamento de Conduta

TCO — Total Cost of Ownership — Custo Total de Propriedade

Telemetria — Monitoramento e transmissão remota de dados operacionais

TIR — Taxa Interna de Retorno

TIR do Equity — Taxa Interna de Retorno do Capital Próprio

TLS — Transport Layer Security — protocolo de segurança em comunicações de rede

VLAN — Virtual Local Area Network — rede local virtual para segmentação de tráfego

VPL — Valor Presente Líquido

WACC — Weighted Average Cost of Capital — Custo Médio Ponderado de Capital

Zero Emissão — Veículo sem emissão local de poluentes na operação

Índice

APRESENTAÇÃO	03
1 – DIAGNÓSTICO JURÍDICO	06
1.1 Marcos Regulatórios e Governança	06
1.2 Contratos de Concessão	08
2 – VALIDAÇÃO TECNOLÓGICA	10
2.1 Estudo de Mercado	10
2.2 Testes Operacionais	10
3 – DIMENSIONAMENTO E ESTRUTURAÇÃO	13
3.1 Pré-viabilidade Técnica	13
3.2 Planejamento Operacional	15
3.3 Infraestrutura de Recarga	17
3.4 Gestão do ciclo de vida e logística reversa	19
4 – FINANCIAMENTO E CONTRATAÇÃO	21
4.1 Diagnóstico Financeiro	21
4.2 Arranjo institucional e Modelo de negócios	23
4.3 Aquisição ou licitação de ativos	25
5 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	27
5.1 Capacitação Técnica	27
5.2 Adequação de Infraestrutura	29
5.3 Operação e Monitoramento	31
5.4 Dia 1 de Operação	33

ETAPA 1

Diagnóstico Jurídico

1.1 Marcos Regulatórios e Governança

A estruturação de projetos de eletrificação de frotas de ônibus urbanos exige, como etapa inicial, a consolidação de um arcabouço regulatório e institucional capaz de oferecer segurança jurídica, coordenação entre os atores envolvidos e aderência às políticas públicas de mobilidade e clima. Mais do que uma substituição tecnológica da frota, a transição para a eletromobilidade representa uma transformação sistêmica do Transporte Público Coletivo, com impactos sobre contratos, financiamento, operação, planejamento urbano e gestão energética.

Em nível nacional, o processo de eletrificação está alinhado ao cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) do Brasil, atualizadas em 2023, e aos objetivos estabelecidos no Plano Clima, publicado no início de 2026. Além dos compromissos climáticos nacionais, a estruturação de projetos deve observar instrumentos já existentes no ordenamento jurídico, como a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), o Novo PAC e demais programas federais voltados à promoção da mobilidade sustentável e da redução de emissões. Em muitos casos, o acesso a financiamentos e recursos federais está condicionado à demonstração de aderência às metas climáticas, aos planos setoriais e à consistência técnica dos projetos.

No âmbito local, os entes federativos devem mapear os instrumentos regulatórios relacionados à descarbonização, qualidade do ar, transporte coletivo e transição energética. Essa análise permite avaliar a maturidade institucional e identificar adequações necessárias à implementação do projeto.

ELETRIFICAÇÃO NO PLANO NORMATIVO

O Município de São Paulo, por exemplo, dispõe da Lei nº 16.802/2018 que determina a substituição gradual dos ônibus a diesel por veículos de emissão zero e estabelece metas de redução de CO₂ fóssil, MP e NO_x em horizontes de dez e vinte anos. Em paralelo, a Lei vai permitir o município reduzir os custos operacionais, o que impacta a longo prazo em menor pressão na necessidade de subsídios ao sistema.

A etapa também deve avaliar os arranjos de governança e a capacidade institucional para condução da transição. A implementação da eletromobilidade envolve diferentes áreas da administração pública, exigindo articulação entre órgãos de mobilidade, planejamento, obras, fazenda e casa civil, meio ambiente, procuradoria, setores de contratos, agências reguladoras e concessionárias de energia, além dos operadores privados eventualmente já atuantes no sistema. O alinhamento entre essas estruturas é essencial para definição de competências, avaliação de riscos, modelagem financeira e coordenação das futuras etapas de contratação e implementação do projeto.

A sanção da Lei nº 15.432/2026, que institui o marco legal do transporte público coletivo urbano, reforça esse cenário ao estabelecer em nível federal a transição energética sustentável como diretriz (Art. 4º, V) e a redução de emissões de poluentes locais e gases de efeito estufa como objetivo expresso (Art. 5º, IV). A lei também amplia as fontes de financiamento da infraestrutura (Art. 19) e da operação (Arts. 23 e 29) e condiciona a concessão de benefícios fiscais ou tributários da União à adoção de requisitos ambientais, sociais e de governança (Art. 19, parágrafo único).

MARCO LEGAL DO TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO URBANO

A lei foi sancionada em 13/06/2026, mas o Art. 44 estabelece sua vigência após decorrido 1 ano da sua publicação no Diário Oficial da União, sendo previsto entrar em vigor em 14 de junho de 2027.

É fundamental que o diagnóstico jurídico-institucional não seja tratado como uma etapa exclusiva do corpo técnico de mobilidade. A eletrificação de frotas envolve decisões que perpassam competências de procuradorias, secretarias de fazenda e planejamento, órgãos de controle, setores de licitações e contratos, agências reguladoras e concessionárias de energia elétrica. A constituição de um grupo de trabalho intersetorial desde o início do projeto, com representação dessas áreas e respaldo da gestão de governo, é condição para que o arcabouço regulatório identificado se traduza em decisões concretas nas etapas seguintes.

RECOMENDAÇÕES

- Levantar o arcabouço legal aplicável à eletrificação nas esferas municipal, estadual e federal (leis, decretos, portarias, resoluções e normas técnicas) relacionadas à mobilidade urbana, qualidade do ar, mudanças climáticas e transição energética.
- Verificar a existência de isenções tributárias, faixas exclusivas, metas de descarbonização da frota na legislação local; avaliar efetividade e eventuais lacunas.
- Identificar se o Plano de Mobilidade Urbana contempla diretrizes ou metas de transição energética; considerar que essa aderência contribui para acesso a recursos federais.
- Mapear todos os atores institucionais com competência sobre o projeto: secretarias de mobilidade, planejamento, obras, fazenda/casa civil e meio ambiente; procuradoria; setores de contratos e licitações; agências reguladoras; concessionária de energia; e órgãos de controle externo (tribunais de contas, Ministério Público)
- Constituir grupo de trabalho intersetorial com respaldo formal da gestão de governo, para garantir que o diagnóstico regulatório se traduza em decisões administrativas concretas.
- Elaborar matriz de responsabilidades institucional que defina competências, fluxos de decisão e instâncias de aprovação para cada fase do projeto.
- Propor orientações jurídicas para os poderes executivo e legislativo atualizar em decretos regulamentadores, políticas públicas e planos vigentes, priorizando ações alinhadas às políticas de mobilidade urbana sustentável e zero emissões.

PONTOS DE ATENÇÃO

- Sobreposição de competências em regiões metropolitanas:** pode haver indefinição ou conflito entre município, estado e União sobre atribuições regulatórias, especialmente quanto à instalação de infraestrutura de recarga em vias públicas e à integração intermodal.
- Ausência de previsão regulatória para recarga:** muitos marcos legais locais não classificam a infraestrutura de recarga como parte do serviço público de transporte nem como atividade regulada, gerando insegurança jurídica.
- Desalinhamento entre áreas da administração:** quando o projeto é conduzido exclusivamente pelo órgão de mobilidade, sem envolvimento prévio da procuradoria, da fazenda e dos setores de contratos, decisões estruturantes podem travar em fases avançadas.
- Falta de padronização normativa local:** a ausência de normas técnicas municipais para instalação de eletropostos (requisitos de segurança, acessibilidade, recuo) pode gerar atrasos em licenciamentos.
- Desatualização dos Planos de Mobilidade:** planos anteriores ao avanço da eletromobilidade podem não contemplar diretrizes de transição energética, dificultando a fundamentação legal e o acesso a financiamentos condicionados.

Produto	Entregável	Conteúdo
Diagnóstico Regulatório e Legal da Eletromobilidade Levantamento e sistematização do arcabouço legal municipal, estadual e federal aplicável, identificando barreiras e oportunidades regulatórias.	Relatório Técnico-Jurídico	- Sumário executivo - Análise por esfera (municipal, estadual, federal) - Identificação de conflitos normativos - Recomendações priorizadas (curto, médio e longo prazo) - Apreciação de recomendações da Procuradoria do contratante
	Planilha de normas sistematizadas	- Lista completa por esfera; filtros por tema - Colunas: norma, ementa, data, status, relevância e aderência
Levantamento de incentivos e oportunidades Identificação, sistematização e análise crítica da legislação municipal, estadual e federal vigente de incentivo à eletromobilidade.	Relatório analítico de incentivos e fontes de receita	- Lista de normas vigentes; análise de efetividade - Renúncia fiscal estimada; propostas de aprimoramento - Análise legal de fontes de captação para financiamento do TPC
	Planilha de incentivos + quadro comparativo	- Tabela: norma, tipo, beneficiário, status - Comparativo com, no mínimo, 2 entes subnacionais de referência
Matriz de responsabilidades e governança Mapeamento dos atores institucionais e definição de competências, fluxos de decisão e instâncias de fiscalização por fase do projeto.	Planilha-matriz de responsabilidades	- Ator institucional, atribuição, fase, prazo, penalidade - Instância fiscalizadora e norma de referência
	Fluxograma de governança	- Relações entre atores; fluxo decisório (autorização, execução, fiscalização) - Pontos de controle e prazos críticos
	Relatório descritivo com validação	- Descrição da matriz e do fluxograma - Registro de oficina de validação (data, participantes, deliberações)

1.2 Contratos de Concessão

A análise dos contratos de concessão e dos instrumentos jurídicos que regulam a prestação do serviço de transporte público coletivo é uma etapa fundamental para viabilizar projetos de eletrificação de frotas com segurança jurídica, equilíbrio econômico-financeiro e adequada distribuição de responsabilidades entre os atores envolvidos. A introdução de ônibus elétricos altera parâmetros operacionais, perspectiva de vida útil dos equipamentos, arranjos financeiros e patrimoniais do sistema, exigindo avaliação detalhada das condições contratuais vigentes e das possibilidades legais para incorporação da nova tecnologia.

Por um lado, a realidade brasileira demonstra que muitos municípios e sistemas metropolitanos ainda operam sem contratos de concessão, em alguns casos baseados em permissões precárias ou instrumentos jurídicos insuficientes para oferecer segurança jurídica e técnica para investimentos de longo prazo — situação que o marco legal busca superar ao exigir contrato mediante prévia licitação e vedar instrumentos de natureza precária (Lei nº 15.432/2026, Art. 30). Nessas situações, a estruturação de novos processos licitatórios representa uma oportunidade estratégica para incorporar diretrizes de descarbonização, metas de eletrificação, critérios de desempenho operacional e definição clara das obrigações relacionadas à aquisição, operação e manutenção dos ativos elétricos.

Por outro lado, a existência de contratos vigentes não é necessariamente um impedimento para a implementação da eletromobidade, mesmo quando essa possibilidade não tenha sido prevista originalmente. Contudo, torna-se indispensável realizar uma revisão jurídica e contratual detalhada, considerando prazos residuais, cláusulas de exclusividade, mecanismos de reequilíbrio econômico-financeiro, possibilidades de aditivos ou repactuações, além de potenciais riscos de judicialização.

Uma análise contratual deve examinar aspectos relacionados ao modelo de remuneração dos operadores, responsabilidades pelos investimentos, critérios de depreciação e amortização dos ativos, utilização de valores residuais, fontes de financiamento e impactos tarifários decorrentes da transição tecnológica. Em contratos de longa duração, é comum que mudanças tecnológicas, regulatórias e operacionais ocorridas ao longo do tempo exijam revisões e atualizações das condições originalmente pactuadas.

Fatos supervenientes, especialmente aqueles associados a mudanças regulatórias, evolução tecnológica, políticas públicas climáticas ou alterações relevantes nas condições de prestação do serviço, podem justificar revisões contratuais, mecanismos de reequilíbrio econômico-financeiro e celebração de termos aditivos, desde que devidamente fundamentados sob os aspectos técnico, jurídico e econômico. Entretanto, deve-se observar que alterações substanciais em contratos ou em objetos licitados recentemente podem gerar questionamentos quanto à preservação das condições originalmente estabelecidas no certame, considerando os direitos, deveres e premissas assumidos pelos participantes da licitação, inclusive daqueles não vencedores.

Nesses casos, recomenda-se avaliação jurídica criteriosa sobre os limites legais das alterações pretendidas, os riscos concorrenciais e os potenciais impactos perante os órgãos de controle. Em determinadas situações, instrumentos de consensualidade institucional, como Termos de Ajustamento de Conduta (TACs), podem ser utilizados em articulação com órgãos de controle e Ministério Público para apoiar processos de adequação contratual e construção de soluções juridicamente mais seguras.

Além disso, o diagnóstico pode demandar a verificação do cumprimento das obrigações contratuais existentes, incluindo investimentos previstos, indicadores operacionais, revisões tarifárias, compensações por desequilíbrios e eventuais passivos acumulados. A Lei nº 15.432/2026 (marco legal do transporte público coletivo urbano) prevê que o reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos também se aplica à alteração de custos operacionais decorrente da substituição de veículos da frota em razão da adoção de novas tecnologias, quando solicitada pelo poder concedente (Art. 37, II), o que confere segurança jurídica tanto ao ente público quanto ao operador privado. A lei ainda condiciona essa substituição a cronograma previamente estabelecido entre as partes, observada a viabilidade de fornecimento pela indústria (Art. 37, §2º).

Essa avaliação é importante para identificar riscos, limitações e oportunidades de estruturação do projeto de eletrificação, permitindo ao poder público definir estratégias mais seguras e sustentáveis para implementação da nova tecnologia no sistema de transporte coletivo.

💡 RECOMENDAÇÕES

- Realizar diagnóstico jurídico detalhado dos contratos de concessão, permissões ou demais instrumentos vigentes, identificando prazos, obrigações, cláusulas de exclusividade e mecanismos de revisão contratual.
- Mapear responsabilidades atribuídas aos operadores quanto à aquisição, operação, manutenção e substituição da frota, avaliando impactos da introdução de ônibus elétricos.
- Verificar possibilidades legais para aditivos, repactuações ou revisões contratuais que permitam incorporar metas de eletrificação, novos ativos e infraestrutura de recarga.
- Avaliar modelos de remuneração e equilíbrio econômico-financeiro, considerando custos operacionais, depreciação dos ativos, consumo energético e eventual necessidade de subsídios.
- Analisar a viabilidade jurídica de segregação de ativos, permitindo modelos com aquisição pública da frota, locação de ônibus ou contratação separada da infraestrutura de recarga.
- Nos casos sem contratos formalizados ou com instrumentos precários, avaliar a oportunidade de nova licitação incorporando metas de descarbonização e critérios de desempenho operacional.
- Definir requisitos mínimos de experiência técnica-jurídica para contratação de consultoria especializada, contemplando análises contratuais, regulatória e avaliação de riscos jurídicos.

⚠️ PONTOS DE ATENÇÃO

- Contratos antigos** podem não prever tecnologias de zero emissão e dificultar a inclusão de novos investimentos sem revisão contratual ou reequilíbrio econômico-financeiro.
- Alterações contratuais** sem fundamentação técnica e jurídica adequada podem gerar questionamentos pelos órgãos de controle e riscos de judicialização.
- Modelos de negócios antigos** podem não refletir adequadamente a estrutura de viabilidade operacional da eletromobidade.
- Ausência de definição clara** sobre propriedade dos ativos (ônibus, baterias e carregadores) pode gerar conflitos sobre reposição, manutenção e reversibilidade ao término contratual.
- Contratos com baixa transparência** econômico-financeira dificultam a validação de custos, investimentos realizados e cálculo de compensações ou desequilíbrios.
- Sistemas operados por permissões precárias** ou contratos vencidos podem apresentar maior insegurança jurídica para captação de financiamento e atração de investidores.
- Ausência de coordenação** entre equipes jurídica, operacional e financeira pode comprometer a viabilidade da modelagem contratual proposta para a eletrificação.

Produto	Entregável	Conteúdo
Parecer de Repactuação Contratual Revisão jurídica detalhada dos contratos de concessão vigentes, avaliando condições legais, riscos e possibilidades de adequação contratual para incorporação da eletromobidade.	Parecer Jurídico Individual por Contrato	- Identificação: número, partes, objeto e vigência - Prazo residual; avaliação sobre possibilidade de aditivo ou repactuação - Fundamentação jurídica para alterações; riscos de judicialização (baixo, médio ou alto)
	Tabela Consolidada dos Contratos	- Síntese dos contratos: prazos residuais, situação jurídica, cláusulas potencialmente impeditivas - Possibilidades de adequação e avaliação comparativa de riscos
	Matriz de Estratégias de Mitigação	- Listagem de riscos; classificação por criticidade e impacto - Medidas mitigatórias, responsáveis, prazos estimados e caminho crítico
Minutas de Instrumentos Jurídicos Elaboração de peças e instrumentos jurídicos orientativos destinados a apoiar adequações regulatórias, contratuais e institucionais necessárias à implementação da eletromobidade.	Minutas Contratuais e Instrumentos de Apoio	- Elementos para aditivos; cláusulas de incorporação da eletromobidade - Responsabilidades sobre ativos; tratamento jurídico da infraestrutura de recarga - Regras para logística reversa de baterias; metas de eletrificação e mecanismos de monitoramento
Avaliação de Equilíbrio Econômico-Financeiro e Reestruturação Contratual Análise técnico-jurídica das obrigações contratuais, passivos acumulados e modelos de repartição de investimentos, visando avaliar condições de equilíbrio econômico-financeiro e alternativas de estruturação para eletrificação da frota.	Relatório de Avaliação Econômico-Contratual	- Verificação do cumprimento das obrigações; passivos e desequilíbrios acumulados - Análise de impactos tarifários e necessidade de subsídios; diagnóstico de riscos financeiros
	Estudo de Modelagem Contratual	- Análise de modelos: locação, leasing ou aquisição pública; contratação separada da recarga - Comparação entre modelos; recomendação de arranjo mais adequado ao ente federativo

ETAPA 2

Validação Tecnológica

2.1 Estudo de Mercado

A realização de estudos de mercado é essencial para apoiar a tomada de decisão na estruturação de projetos de eletrificação de frotas de ônibus urbanos. Diante da rápida evolução tecnológica da eletromobilidade e da diversidade de soluções disponíveis, o levantamento de fabricantes e fornecedores amplia o conhecimento técnico do ente público e reduz riscos associados à adoção de tecnologias inadequadas.

O estudo deve contemplar a identificação dos fabricantes atuantes no território nacional, suas capacidades produtivas, estrutura de atendimento pós-venda, disponibilidade de peças, cobertura de garantia e experiência operacional em sistemas similares. Também é recomendável avaliar tendências globais da indústria, permitindo compreender as perspectivas de evolução dos veículos, baterias, carregadores e sistemas de gestão operacional. A análise das soluções disponíveis deve considerar aspectos técnicos, operacionais e de infraestrutura, como autonomia, tempo de recarga, potência dos carregadores, interoperabilidade e requisitos de manutenção. Também é importante avaliar diferentes configurações construtivas dos veículos, observando as características operacionais e viárias do sistema local.

A aproximação com fabricantes e fornecedores, por meio de consultas públicas, reuniões técnicas, feiras e eventos especializados, contribui para ampliar a capacidade técnica das equipes e atualizar o ente público sobre tendências do setor. Ao final desta etapa, espera-se consolidar referências técnicas e comerciais que subsidiem as próximas fases do projeto, promovendo maior competitividade entre fabricantes e aderência às necessidades locais.

ENVOLVIMENTO DO PODER PÚBLICO

Mesmo com apoio de consultorias, é essencial que técnicos e setores específicos do ente federativo participem de feiras e eventos de eletromobilidade.

RECOMENDAÇÕES

- Mapear fabricantes de ônibus elétricos, carregadores, baterias e sistemas de monitoramento com atuação no mercado nacional e internacional.
- Levantar capacidade produtiva, prazos de entrega, cobertura de garantia, disponibilidade de peças e estrutura de pós-venda dos fornecedores.
- Avaliar experiências operacionais em cidades com características semelhantes às do ente contratante.
- Comparar tecnologias de recarga, potência dos carregadores, interoperabilidade, tipos de conectores e aderência às normas técnicas aplicáveis.
- Analisar diferentes configurações (monobloco ou chassis + carroceria) conforme condições operacionais.
- Realizar consultas públicas, reuniões técnicas e participação em feiras e eventos especializados.
- Estruturar banco comparativo de preços de referência para apoiar futuras especificações e licitações.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Dependência excessiva de um único fabricante** pode limitar competitividade futura e elevar custos operacionais.
- **Soluções disponíveis em outros países** podem não possuir assistência técnica adequada ou reposição local de componentes.
- **Especificações técnicas muito restritivas** podem reduzir concorrência nos processos licitatórios.
- **Diferenças entre autonomia declarada e desempenho real** podem comprometer o planejamento da frota. Avaliar garantias do fabricante quanto à degradação da capacidade da bateria.
- A utilização de **tecnologias não padronizadas** pode restringir a concorrência e dificultar ou impedir a integração entre fornecedores.
- **Falta de padronização de conectores e protocolos** pode gerar aprisionamento tecnológico.
- **Veículos inadequados às condições locais** podem apresentar desgaste prematuro e baixa eficiência.

Produto	Entregável	Conteúdo
Relatório de Benchmarking Tecnológico Análise comparativa de soluções e experiências nacionais e internacionais, tendências de mercado de eletrificação.	Relatório Comparativo de Tecnologias	• Mapeamento de fabricantes; comparar tecnologias baterias/recarga • Avaliação de interoperabilidade; comparação entre modelos monobloco e chassis + carroceria; Tendências tecnológicas, identificação de riscos de aprisionamento e recomendações para especificação técnica

2.2 Testes Operacionais

Os testes operacionais constituem uma etapa estratégica para validar, em condições reais de operação, o desempenho técnico, energético e operacional das soluções de eletromobilidade avaliadas no estudo de mercado. Mais do que demonstrar a viabilidade tecnológica dos veículos elétricos, os testes permitem compreender como diferentes modelos se comportam diante das características específicas de cada sistema de transporte, considerando fatores como topografia, carregamento de passageiros, condições viárias, clima, velocidade operacional e perfil das linhas, além do fator humano de performance de motoristas.

A realização de operações assistidas e testes controlados possibilita coletar dados fundamentais para o planejamento da futura implantação da frota elétrica, incluindo consumo energético, autonomia real, tempo de recarga, disponibilidade operacional, desempenho dos sistemas auxiliares, comportamento das baterias e impactos sobre a rotina operacional das garagens e equipes de manutenção.

Essa etapa também permite identificar necessidades de adaptação da infraestrutura existente, definir a potência de carregador adequada, avaliar diferentes estratégias de recarga e compreender os impactos da operação elétrica sobre escalas operacionais, programação de frota e gestão energética.

No entanto, é necessário estruturar uma metodologia clara, com definição prévia de indicadores de desempenho, rotas de operação, períodos de avaliação, critérios comparativos, protocolos de coleta e tratamento de dados para que sejam aplicados a todos os fabricantes participantes. Isso possibilita comparar diferentes fabricantes e tecnologias nas mesmas condições operacionais, garantindo maior confiabilidade às análises realizadas.

EXEMPLOS DE OUTRAS CIDADES

Caso haja dificuldades de viabilizar testes reais *in loco*, os resultados obtidos por outras cidades (Curitiba, Rio de Janeiro, Salvador, Santa Maria, Porto Alegre e Florianópolis) podem servir como insumos preciosos para o dimensionamento operacional e definição de infraestrutura de recarga.

RECOMENDAÇÕES

- Definir metodologia clara para os testes, incluindo linhas, períodos, indicadores de desempenho e critérios comparativos.
- Selecionar linhas diferentes, representativas da realidade local, considerando topografia, demanda, carregamento de passageiros (linhas com alto fator de renovação e frequente abertura e fechamento de portas podem aumentar o consumo energético de sistemas de climatização) e características operacionais distintas.
- Comparar diferentes fabricantes e tecnologias nas mesmas condições operacionais, monitorando consumo energético, autonomia, tempo de recarga, disponibilidade e desempenho climático.
- Avaliar impactos sobre garagem e infraestrutura elétrica existente.
- Registrar e alternar os motoristas durante os testes: a avaliação detalhada pode permitir identificar se viagens com discrepâncias de desempenho estão associadas ao equipamento ou ao condutor.
- Sistematizar os resultados em relatórios comparativos para subsidiar especificações técnicas e modelagem futura do projeto.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Testes em períodos curtos** podem não refletir o desempenho operacional real ao longo do tempo.
- **Linhas pouco representativas** podem distorcer resultados de autonomia e consumo energético.
- **Condições climáticas, topografia e padrão de condução** influenciam significativamente o desempenho dos veículos.
- **Falhas de coleta, ausência de padronização ou granularidade dos dados** comprometem comparações entre fabricantes.
- **Testes sem acompanhamento técnico estruturado** podem gerar conclusões imprecisas para futuras aquisições.
- **Infraestrutura temporária inadequada de recarga** pode afetar os resultados operacionais obtidos.
- **Veículos inadequados às condições locais** podem apresentar desgaste prematuro e baixa eficiência operacional.

Produto	Entregável	Conteúdo
Chamamento Público para Testes Operacionais Estruturação e condução de prospecção e realização de testes operacionais com fabricantes.	Publicações Oficiais do Chamamento	• Minuta e publicação do chamamento público • Definição de critérios de participação e elegibilidade • Regras para cessão temporária de veículos e equipamentos • Cronograma de testes e etapas de avaliação • Procedimentos de transparência e publicidade • Orientações para envio de documentação técnica e comercial • Definição de responsabilidades entre fabricantes e ente público
	Banco de Dados de Fornecedores	• Informações técnicas: capacidade de bateria, autonomia declarada, tipos de recarga, conectores e protocolos • Dimensões, capacidade de passageiros e configuração dos veículos • Dados mínimos de telemetria a serem fornecidos pelos proponentes/fabricantes • Exemplo de dados a serem captados no período de testes:
	Registro de Eventos Operacionais	• Registro / identificação do veículo — por viagem • Registro / identificação do motorista — por viagem • GPS integrado à plataforma de monitoramento (ponto inicial e final de cada viagem) — por viagem • Hodômetro: quilometragem inicial e final de cada viagem — km • Data e hora de início e fim de operação — dd/mm e hh:mm • Energia consumida — kWh por viagem • Consumo energético médio — kWh/km por viagem • Estado de carga no início e fim da operação (SoC) — % por viagem • Data e hora de início e fim de cada recarga — dd/mm e hh:mm • Estado de carga no início e fim de cada recarga — % • Energia elétrica adicionada por recarga — kWh • Acesso ao sistema de diagnóstico e falhas (OBD/telemática) — período integral dos testes • Informações técnicas dos veículos e equipamentos • Capacidade de bateria e autonomia declarada • Tipos de recarga, conectores e protocolos de comunicação • Dimensões, capacidade de passageiros e configuração dos veículos
	Registro de Eventos de Recarga	• Data da ocorrência — dd/mm/aaaa • Identificação do veículo — texto/código da frota • Hora de início da recarga — HH:MM • Hora de fim da recarga — HH:MM • Hodômetro no momento da recarga — km • Estado de carga inicial da bateria (SoC inicial) — % • Estado de carga final da bateria (SoC final) — % • Energia elétrica adicionada — kWh • Local da recarga — texto livre • Observações — texto livre
Levantamento de Custos de Referência Consolidação de parâmetros técnicos e financeiros para subsidiar estimativas de investimento.	Relatório de Custos de Referência	• Estimativas de custos unitários e totais dos veículos por categoria • Valores de referência para carregadores por potência • Custos estimados de transformadores, subestações e cabos • Estimativas para obras civis e adequações elétricas • Custos referenciais de softwares e sistemas de monitoramento • Estimativas de seguros específicos para eletromobilidade • Parâmetros de manutenção preventiva e corretiva • Comparativo entre fornecedores e faixas de preços praticadas • Memória metodológica das premissas utilizadas

ETAPA 3

Dimensionamento e Estruturação

3.1 Pré-viabilidade Técnica

A etapa de pré-viabilidade técnica tem como objetivo identificar as condições operacionais, energéticas e físicas necessárias para implantação da eletromobilidade no sistema de transporte coletivo. Trata-se de uma análise preliminar voltada a selecionar linhas, corredores e áreas prioritárias para início da transição, considerando características operacionais reais do sistema e limitações existentes da infraestrutura urbana e elétrica.

A definição das primeiras linhas a serem eletrificadas influencia diretamente o desempenho operacional, a percepção pública do projeto e a capacidade futura de expansão da tecnologia. Para isso, é necessário avaliar dados históricos de operação, demanda de passageiros, distância percorrida, velocidade média, tempos de parada, topografia e disponibilidade de infraestrutura de apoio, como garagens e terminais. A localização da infraestrutura de recarga ao longo de corredores permite zerar quilometragem ociosa, aumentar a eficiência e segurança operacional e alcançar otimização energética. Essas informações permitem estimar o consumo energético esperado e verificar a compatibilidade entre a autonomia dos veículos e a rotina operacional das linhas.

A etapa também deve identificar restrições físicas e operacionais que possam impactar a implantação da frota elétrica, incluindo limitações geométricas das vias, pontes com restrição de peso, passagens com limitação de altura, capacidade elétrica disponível em terminais e áreas adequadas para instalação de carregadores. A análise antecipada dessas condicionantes reduz riscos de subdimensionamento da infraestrutura e evita custos adicionais durante a implementação.

Além da viabilidade técnica, a priorização das linhas deve considerar fatores estratégicos, ambientais e operacionais, dando preferência a corredores estruturados, sistemas BRT e linhas de alta demanda, que tendem a apresentar maior previsibilidade operacional, melhor infraestrutura de apoio e maior potencial de redução de emissões e ruídos urbanos. Este processo deve consolidar diagnósticos, mapas e matrizes de priorização que subsidiem o planejamento operacional, o dimensionamento energético e a estruturação da infraestrutura de recarga, apoiando a tomada de decisão do ente público.

RECOMENDAÇÕES

- Utilizar dados históricos de GPS, bilhetagem e operação para avaliar demanda, quilometragem diária e tempos de retorno ao terminal.
- Mapear características topográficas das linhas, incluindo declividades críticas e condições viárias.
- Identificar restrições físicas de altura, circulação e recuos em pontes, túneis, terminais, garagens e áreas para instalação de carregadores.
- Cruzar autonomia dos veículos com a demanda operacional diária considerando degradação futura das baterias.
- Avaliar necessidade de recarga intermediária e disponibilidade de potência elétrica nos terminais.
- Priorizar linhas estruturais, corredores exclusivos e sistemas BRT nas fases iniciais da eletrificação.
- Desenvolver matriz de priorização considerando viabilidade técnica, impacto ambiental, custo e aceitação social.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Topografia acentuada** pode elevar significativamente o consumo energético dos veículos.
- **Climatização dos ônibus** impacta a autonomia operacional, especialmente em regiões quentes.
- **Subdimensionamento da infraestrutura elétrica** pode comprometer expansão futura da frota.
- **Dados operacionais inconsistentes ou desatualizados** reduzem confiabilidade das simulações energéticas.
- **Tempo real de recarga** pode variar conforme temperatura, potência disponível e nível de carregamento da bateria.
- **Ausência de treinamento de dirigibilidade para os motoristas** pode impactar negativamente na autonomia e eficiência operacional dos ônibus elétricos.
- **Ônibus com baterias no teto podem alcançar alturas e comprometer a circulação** em determinados locais.
- **Linhas com baixa regularidade operacional** dificultam previsibilidade energética da operação elétrica.
- **Ausência de espaço físico** em terminais e garagens pode exigir adequações civis complexas e onerosas.

Produto	Entregável	Conteúdo
Análise de Dados Operacionais e Restrições Técnicas Avaliação das condições operacionais, energéticas e físicas do sistema de transporte coletivo para identificação de linhas e corredores com potencial de eletrificação.	Relatório de Análise de Linhas	• Demanda média de passageiros por faixa horária e sentido; • distância diária percorrida; tempo médio de retorno ao terminal • Velocidade operacional média; • declividade máxima; • restrições físicas e operacionais mapeadas • Classificação preliminar de viabilidade técnica por linha; • Cruzamento entre demanda operacional e autonomia estimada dos veículos
	Mapa de Restrições Técnicas	• Localização de pontes e estruturas com restrição de peso • Túneis e áreas com limitação de altura • Garagens e terminais com área disponível para recarga • Infraestrutura elétrica existente e subestações próximas • Vias críticas para circulação dos veículos • Base georreferenciada em ambiente SIG com metadados completos
Matriz de Priorização para Eletrificação Estruturação de critérios técnicos, ambientais e operacionais para definição das linhas prioritárias para implantação da frota elétrica.	Matriz de Priorização de Linhas	• Linhas classificadas por ordem de prioridade; pontuação por critérios técnicos e ambientais • Indicadores de impacto ambiental estimado; avaliação de custo preliminar de implantação • Análise de aceitação social; justificativa metodológica; recomendação de fases de implantação
Estimativa de Benefícios Operacionais e Ambientais Quantificação preliminar dos ganhos ambientais, energéticos e operacionais decorrentes da implantação da eletromobilidade.	Relatório de Estimativa de Benefícios	• Estimativa de emissões evitadas de CO₂ equivalentes; • redução estimada de ruído urbano • Estimativa preliminar de redução de custos de manutenção; • comparativo energético diesel vs eletricidade • Cenários otimista, moderado e conservador; • Metodologia e premissas utilizadas nos cálculos • Elementos para apoio à captação de recursos e comunicação institucional

3.2 Planejamento Operacional

O planejamento operacional da eletromobilidade consiste na adaptação da operação do transporte coletivo às características técnicas e energéticas dos ônibus elétricos, garantindo que a introdução da nova tecnologia ocorra sem comprometer a regularidade, a oferta de viagens e a qualidade do serviço prestado à população.

Diferentemente dos veículos convencionais, os ônibus elétricos exigem integração entre programação operacional e estratégia de recarga, tornando necessário revisar escalas, tempos de ciclo, alocação de frota e utilização da infraestrutura de apoio.

Essa etapa deve considerar a incorporação das janelas de recarga à rotina operacional das linhas, incluindo recargas noturnas, entre picos ou de oportunidade em terminais. A análise deve avaliar os impactos sobre o headway, tempos de parada, disponibilidade diária da frota e dimensionamento da reserva técnica. Em muitos casos, a substituição direta de veículos convencionais por elétricos não ocorre em proporção 1:1, sendo necessário recalcular a frota operacional e os veículos de contingência para garantir continuidade do serviço.

O planejamento também deve contemplar estratégias de transição gradual, prevendo períodos de operação mista entre veículos elétricos e movidos a combustíveis fósseis ou de baixa emissão. Essa abordagem permite reduzir riscos operacionais associados à implantação inicial da tecnologia, atrasos de fornecimento, indisponibilidade de carregadores ou limitações temporárias da infraestrutura elétrica.

A etapa deve incorporar análises de contingência e resiliência operacional, simulando cenários como falhas de energia, indisponibilidade de carregadores, acidentes e atrasos na entrega de veículos, de modo a estruturar planos de resposta, reservas operacionais e estratégias de distribuição da infraestrutura de recarga entre garagens e terminais. Ao final, espera-se consolidar um plano operacional integrado com reprogramação da frota, estratégia de transição e dimensionamento preliminar da infraestrutura de recarga.

RECOMENDAÇÕES

- Integrar janelas de recarga à programação operacional das linhas e escalas de motoristas.
- Recalcular frota operacional e reserva técnica considerando tempos de recarga e disponibilidade dos veículos.
- Planejar transição gradual com operação mista entre veículos elétricos e convencionais.
- Simular impactos da recarga sobre headway, tempos de ciclo e ocupação das garagens.
- Avaliar distribuição estratégica dos carregadores entre terminais e garagens, preferencialmente ao longo ou extremidades dos corredores por onde passam as linhas. Isto permite reduzir a quilometragem ociosa e mitigando tempo de deslocamento entre itinerário operacional e o ponto de recarga.
- Desenvolver cenários de contingência para falhas elétricas, indisponibilidade de carregadores e atrasos de entrega.
- Utilizar softwares de modelagem operacional e ferramentas de simulação energética.
- Aproveitar a transição para revisar frequências, horários e racionalização operacional das linhas.
- Com a redução de custos operacionais, quanto maior a quilometragem realizada com ônibus elétricos, maiores são os ganhos frente à operação a combustão. Neste sentido, considerar aumentar a oferta para maximizar os ganhos e impactos positivos com a população.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **A substituição de ônibus convencionais por elétricos** pode exigir ampliação da frota operacional.
- **Subestimação do tempo de comissionamento** da infraestrutura de recarga pode atrasar entrada em operação dos veículos.
- **Recargas simultâneas** podem exceder capacidade elétrica disponível nas garagens.
- **Ônibus reserva** também exigem gestão adequada de recarga e armazenamento das baterias.
- **Falhas de infraestrutura elétrica** podem comprometer regularidade da operação.
- **Atrasos na entrega de veículos ou carregadores** podem impactar cronogramas de transição.
- **Planejamento inadequado das janelas de recarga** pode gerar quebra de headway e redução da oferta.
- **Equipes operacionais e motoristas** precisam ser capacitados para operação em ambiente de transição tecnológica.

Produto	Entregável	Conteúdo
Modelagem da Operação Atual Levantamento e consolidação das condições operacionais atuais para construção da linha-base da futura operação elétrica.	Modelo Operacional Atual	• Frota atual por linha e tipo de veículo; • horários de partidas e chegadas • Tempos de ciclo • intervalos entre viagens • quilometragem diária por veículo • Escalas operacionais e utilização da frota • Base de dados em formato editável e validada pelo órgão gestor
Reprogramação Operacional da Frota Elétrica Redimensionamento operacional da frota com incorporação das janelas de recarga e definição da estratégia de transição da operação convencional para eletromobilitade.	Plano de Reprogramação da Frota	• Novas escalas operacionais com tempos de recarga • dimensionamento da frota e reserva técnica • Cálculo do fator de reposição • estratégia de operação mista • cronograma escalonado de entrada • Impactos sobre headway e tempos de ciclo • validação pela equipe operacional do ente gestor
Simulação de Cenários de Contingência Avaliação da resiliência operacional da frota elétrica diante de falhas operacionais, energéticas ou logísticas.	Relatório de Simulação Operacional	• Cenários de falta de energia • indisponibilidade parcial ou total de carregadores • Atrasos na entrega de veículos • impactos sobre frota disponível e regularidade • Ações de mitigação e estratégias de contingência • estratégias de contingência • Estimativa de custos adicionais em cenários adversos • Dimensionamento de frota reserva • Plano preliminar de resposta operacional a emergências

3.3 Infraestrutura de Recarga

A infraestrutura de recarga constitui um dos elementos mais críticos para viabilização da eletromobilidade no transporte coletivo urbano. O adequado dimensionamento elétrico e civil dos eletroterminais, garagens e pontos de apoio é determinante para garantir confiabilidade operacional, disponibilidade da frota e segurança energética do sistema. Diferentemente da infraestrutura convencional, os sistemas de recarga elétrica exigem integração entre planejamento operacional, disponibilidade de potência elétrica, conectividade de dados e estratégias de gestão energética.

Essa etapa deve iniciar com a articulação antecipada junto às distribuidoras de energia para avaliação da viabilidade de conexão, disponibilidade de potência elétrica e necessidade de reforços na rede elétrica. Em muitos casos, os prazos associados às ampliações de capacidade, implantação de subestações ou reforços de média tensão podem superar o cronograma de aquisição dos veículos, tornando indispensável o início prévio das tratativas regulatórias e técnicas.

A definição da estratégia de recarga deve considerar as características operacionais da frota e o perfil energético das linhas, avaliando combinações entre recarga lenta noturna, recarga rápida em terminais e recarga de oportunidade. Essa decisão influencia diretamente o número de carregadores, a potência instalada, os custos operacionais e o dimensionamento das áreas de garagem e terminal. Também devem ser analisadas alternativas complementares, como geração distribuída fotovoltaica, armazenamento de energia (inclusive por meio do reaproveitamento de baterias em aplicações estacionárias), contratação de energia no mercado livre e sistemas inteligentes de gerenciamento de carga.

Além da infraestrutura elétrica, a etapa envolve adequações civis, urbanísticas e de conectividade, incluindo layout operacional das garagens, drenagem, sinalização de áreas de risco, sistemas de aterramento, conectividade de dados e integração com plataformas de telemetria e smart charging. O planejamento deve priorizar padrões tecnológicos abertos e interoperáveis, reduzindo riscos de dependência tecnológica futura. Também é fundamental identificar previamente os requisitos de licenciamento ambiental, uso do solo, anuência do corpo de bombeiros e autorizações urbanísticas necessárias para implantação da infraestrutura.

A ausência de alinhamento institucional entre operadores, distribuidoras, órgãos licenciadores e poder concedente pode gerar atrasos significativos na implantação dos eletroterminais.

Ao final desta etapa, espera-se consolidar estudos de viabilidade elétrica, estratégias de recarga, projetos executivos civis e elétricos e os encaminhamentos regulatórios necessários para implantação segura e escalável da infraestrutura de recarga da frota elétrica.

RECOMENDAÇÕES

- Iniciar antecipadamente as tratativas junto à distribuidora para avaliação de viabilidade de conexão e reforços necessários na rede.
- Mapear garagens, terminais e áreas de apoio com potencial para implantação da infraestrutura de recarga.
- Definir estratégia de recarga considerando perfil operacional da frota, tempo disponível e capacidade energética local.
- Dimensionar potência instalada, demanda contratada e número de carregadores com base em cenários futuros de expansão.
- Avaliar alternativas complementares: geração solar fotovoltaica, armazenamento e mercado livre de energia.
- Prever redundância elétrica e estratégias de contingência para falhas de energia ou indisponibilidade de carregadores.
- Adotar protocolos abertos de comunicação e interoperabilidade entre carregadores, softwares e veículos.
- Integrar sistemas de *smart charging*, telemetria e monitoramento remoto da infraestrutura.
- Desenvolver projetos civis considerando fluxo operacional, segurança elétrica, drenagem, acessibilidade e áreas de manutenção.
- Planejar conectividade adequada com fibra óptica, redes privadas ou soluções móveis robustas.
- Identificar previamente exigências de licenciamento ambiental, uso do solo, bombeiros e aprovações urbanísticas.
- Considerar escalabilidade futura da infraestrutura para expansão gradual da eletrificação.

⚠ PONTOS DE ATENÇÃO

- **Prazos de reforço da rede elétrica** podem superar o cronograma de implantação da frota.
- **Terminais urbanos centrais** frequentemente possuem restrição de potência disponível.
- **Recargas simultâneas** podem gerar ultrapassagem de demanda contratada e custos adicionais.
- **Falta de redundância elétrica** pode comprometer a operação da frota.
- **Avaliar conectores, tipos de carregadores e compatibilidade com baterias** para não limitar interoperabilidade e futuras expansões do sistema.
- **Infraestrutura de conectividade insuficiente** compromete sistemas de monitoramento e *smart charging*.
- **Atrasos em licenças e aprovações urbanísticas** podem impactar cronogramas de implantação.
- **Subdimensionamento ou superdimensionamento da geração própria** pode comprometer viabilidade econômica do projeto.

Produto	Entregável	Conteúdo
Definição da Estratégia de Recarga Estruturação da estratégia de recarga da frota elétrica considerando perfil operacional, disponibilidade energética e otimização dos custos de implantação e operação.	Relatório de Estratégia de Recarga	• Análise do perfil operacional das linhas e da frota • Definição das modalidades de recarga (lenta, rápida e oportunidade) • Matriz de potência por tipo de carregador • Estimativa de quantidade de carregadores • Simulação de consumo e custos de energia • Avaliação de horários de ponta e fora de ponta • Recomendação da estratégia operacional de recarga • Premissas e cenários de expansão futura • Definir locais para pontos de recarga de oportunidade
Estudo de Viabilidade de Conexão Elétrica Avaliação técnica junto à distribuidora sobre capacidade de atendimento, necessidade de reforços e condições de conexão.	Estudo de Viabilidade de Conexão	• Ponto de conexão proposto; potência elétrica solicitada; necessidade de reforços ou ampliação • Prazos estimados de atendimento com a distribuidora; custos preliminares das obras elétricas • Condições técnicas para aprovação do projeto; documento oficial emitido pela distribuidora
Projetos Executivos dos Eletroterminais Desenvolvimento dos projetos civis, elétricos e de conectividade para implantação da infraestrutura de recarga.	Projeto Elétrico Executivo	• Diagramas unifilares e memoriais descritivos • Especificação de carregadores, transformadores e quadros • Sistemas de proteção, aterramento e SPDA • Dimensionamento de cabos e infraestrutura elétrica • Integração com sistemas de <i>smart charging</i> e telemetria • Compatibilidade com protocolos abertos de comunicação • Aprovação técnica junto à distribuidora
	Projeto Civil Executivo	• Layout operacional de garagens e terminais • Fluxos de circulação e manobra • Áreas técnicas e valas de cabos • Sondagem de solo e drenagem • Sinalização e áreas de segurança elétrica • Adequações estruturais e pavimentação • Compatibilização com normas urbanísticas e de acessibilidade • Lista de especificação de materiais com unidades, quantidades e, pelo menos, três referências de orçamentos unitários e totais; detalhamento de orçamento para processo licitatório • Relação e discriminação dos serviços necessários para construção
	Projeto de Geração Fotovoltaica (quando aplicável)	• Dimensionamento da usina solar; diagrama unifilar CA/CC; estimativa de geração anual • Análise de retorno do investimento; avaliação de compensação de energia
Análise de Terrenos e Licenciamento Avaliação técnica, urbanística e regulatória das áreas destinadas à infraestrutura de recarga.	Relatório de Análise de Terrenos	• Avaliação de áreas disponíveis; topografia, acessibilidade viária e proximidade de infraestrutura elétrica • Restrições ambientais e urbanísticas; estimativa preliminar de custos; matriz comparativa e recomendação
	Relatório de Licenciamento e Autorizações	• Status das licenças ambientais e urbanísticas; alvarás e anuência do corpo de bombeiros • Protocolos junto à distribuidora; prazos estimados; pendências identificadas e plano de ação

3.4 Gestão do ciclo de vida e logística reversa

A transição para a eletromobilidade exige que o planejamento da operação considere também o ciclo de vida completo dos veículos e componentes, especialmente baterias, sistemas eletrônicos, pneus e demais resíduos associados à operação elétrica. A adequada gestão desses ativos é fundamental para evitar a geração de novos passivos ambientais e assegurar conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, normas ambientais e diretrizes de logística reversa aplicáveis ao setor.

Vale destacar que essas preocupações permeiam também a operação a combustão, onde é necessária a instalação de valas técnicas e outros aspectos construtivos em garagens para impedir vazamento de óleos e lubrificantes. Logo, essa etapa deve contemplar o planejamento do descomissionamento gradual da frota a combustão, incluindo critérios de retirada dos veículos, estratégias de alienação, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada. Paralelamente, recomenda-se estabelecer obrigações contratuais claras para fabricantes, operadores e fornecedores quanto à retirada, transporte, rastreabilidade e destinação final de baterias e demais componentes ao término de sua vida útil.

A logística reversa das baterias de lítio demanda atenção especial devido aos riscos ambientais, requisitos de armazenamento temporário e necessidade de operadores certificados para transporte e reciclagem. Também é recomendável avaliar oportunidades de reaproveitamento das baterias em aplicações estacionárias de armazenamento de energia, ampliando o ciclo de vida útil dos ativos e contribuindo para redução de custos operacionais e energéticos.

Ao final desta etapa, espera-se que o ente público disponha de diretrizes claras para o descomissionamento da frota substituída, incluindo instrumentos contratuais de logística reversa, cadastro de parceiros certificados e procedimentos técnicos para uma gestão ambientalmente adequada dos componentes da eletromobilidade.

RECOMENDAÇÕES

- Elaborar plano de descomissionamento gradual da frota a combustão com critérios de baixa e destinação final dos veículos.
- Incluir cláusulas específicas de logística reversa nos contratos de fornecimento e concessão.
- Definir responsabilidades sobre retirada, transporte, armazenamento e destinação final das baterias.
- Exigir rastreabilidade dos resíduos por meio de manifesto de transporte e certificado de destinação final.
- Mapear empresas certificadas para reciclagem e tratamento de baterias de íons lítio no país.
- Avaliar aplicações de segunda vida para baterias com capacidade residual.
- Planejar armazenamento temporário seguro para baterias desativadas.
- Estabelecer procedimentos de desenergização e descomissionamento seguro dos veículos elétricos.
- Incluir também pneus, fluidos, eletrônicos e demais componentes nos planos de logística reversa.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Cláusulas genéricas de logística reversa** sem rastreabilidade efetiva podem gerar passivos ambientais.
- **Armazenamento inadequado de baterias desativadas** aumenta riscos de incêndio e contaminação.
- **A capacidade nacional de reciclagem de baterias** ainda é limitada em algumas regiões.
- **Falta de definição contratual** sobre responsabilidades pode gerar conflitos entre operador e fornecedor.
- **Baterias de segunda vida** exigem monitoramento adicional e adequações técnicas específicas.
- **Descomissionamento inadequado da frota a diesel** pode gerar passivos ambientais e jurídicos.
- **Componentes auxiliares** frequentemente são negligenciados nos planos de destinação final.

Produto	Entregável	Conteúdo
Análise da Regulamentação Aplicável Avaliação das obrigações legais relacionadas à logística reversa, destinação de resíduos e gestão ambiental da eletromobilidade.	Parecer Jurídico-Ambiental	• Análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos • Normas ABNT e regulamentações ambientais aplicáveis • Diretrizes da ANEEL e CONAMA relacionadas às baterias • Obrigações do ente público, operador e fornecedor • Responsabilidades legais e penalidades aplicáveis • Recomendações para adequação contratual e regulatória
Cadastro de Parceiros para Logística Reversa Mapeamento de empresas habilitadas para reciclagem, transporte e destinação ambientalmente adequada.	Cadastro de Empresas Certificadas	• Lista de empresas com atuação no Brasil • Capacidade anual de processamento • Certificações ambientais e operacionais • Localização e área de atendimento • Prazos de coleta e retirada • Condições comerciais e técnicas • Tipos de resíduos aceitos
Instrumentos Contratuais de Logística Reversa Elaboração de cláusulas e instrumentos jurídicos para garantir rastreabilidade e destinação adequada dos componentes da eletromobilidade.	Minutas de Cláusulas Contratuais	• Responsabilidade pela retirada das baterias • Prazos máximos para recolhimento • Obrigatoriedade de rastreabilidade dos resíduos • Manifesto de transporte e certificado de destinação • Penalidades por descumprimento • Requisitos mínimos de armazenamento temporário • Obrigações sobre pneus, fluidos e eletrônicos
Projeto de Segunda Vida de Baterias Avaliação técnica e econômica do reaproveitamento de baterias em aplicações estacionárias de armazenamento.	Projeto Técnico de Reaproveitamento	• Diagnóstico de capacidade residual das baterias • Definição da aplicação estacionária proposta • Diagrama elétrico preliminar do sistema • Especificação de inversores e monitoramento • Análise de viabilidade econômica • Estimativa de capacidade energética disponível • Premissas de segurança operacional
Plano de Descomissionamento da Frota Planejamento da retirada gradual da frota convencional e destinação final dos veículos substituídos.	Plano de Descomissionamento	• Inventário da frota a ser retirada • Critérios de priorização de baixa • Cronograma de substituição dos veículos • Estratégias de alienação ou reciclagem • Estimativa de receitas de revenda • Procedimentos ambientais aplicáveis • Responsabilidades e fluxos operacionais
Manual de Descomissionamento Seguro Desenvolvimento de procedimentos técnicos para desativação segura de veículos elétricos e manipulação de componentes energizados.	Manual Operacional de Descomissionamento	• Procedimentos de desenergização • Fluxos de bloqueio e etiquetagem • Separação de componentes por tipo de material • Procedimentos para drenagem de fluidos • Orientações de segurança ocupacional • Destinação recomendada por tipo de resíduo • Fluxograma operacional de descarte seguro

ETAPA 4

Financiamento e Contratação

4.1 Diagnóstico Financeiro

Para garantir a sustentabilidade econômica dos projetos de eletrificação do transporte coletivo, é necessário realizar uma avaliação financeira prévia que permita ao ente público compreender os impactos da transição tecnológica sobre investimentos, operação, tarifa e capacidade de financiamento.

Diferentemente dos modelos tradicionais a diesel, a eletrificação é marcada por maior investimento inicial e menores custos operacionais ao longo da vida útil dos ativos, tornando indispensável a análise integrada do ciclo completo do projeto. Nesse contexto, o diagnóstico divide-se em duas frentes complementares. A primeira consiste no mapeamento estruturado de fontes de capital: fundos climáticos, bancos de fomento, financiamento por bancos dos próprios fabricantes, instituições regionais, linhas internacionais, subsídios tarifários ou ao custo de capital, garantias disponíveis e títulos verdes.

A segunda frente avalia a capacidade fiscal do ente público (como a CAPAG e os limites da Lei de Responsabilidade Fiscal) e a saúde financeira dos operadores, identificando riscos de inadimplência ou necessidade de fundos garantidores específicos para municípios com baixa capacidade de pagamento.

A ausência desse diagnóstico inicial atrasa projetos e pode inviabilizar a captação. Projetos sem governança financeira estruturada enfrentam dificuldades junto a financiadores multilaterais.

Dependência excessiva de subsídios sem previsibilidade orçamentária aumenta o risco fiscal, e a não verificação junto à COFIEIX (quando exigida garantia da União) pode frustrar contratações externas. Assim, o diagnóstico de oportunidades e saúde financeira constitui a base para qualquer estruturação viável de projetos de eletromobilidade.

RECOMENDAÇÕES

- Mapear fundos e linhas de crédito climáticos nacionais e internacionais
- Levantar linhas de bancos de fomento, regionais e internacionais (taxas, prazos, garantias).
- Financiamento externo com garantias da união exige submissão à COFIEIX.
- Identificar subsídios à tarifa/custo de capital (Novo PAC Mobilidade, programas estaduais) e garantias (Fundo Garantidor, seguro de crédito à exportação, fundo de aval)
- Avaliar criação de fundo garantidor para municípios CAPAG C/D.
- Identificar linhas de títulos verdes (green bonds, debêntures verdes) com incentivos fiscais.
- Avaliar capacidade fiscal do ente (CAPAG, LRF) e saúde financeira dos operadores (fluxo de caixa, endividamento).

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Falta de mapeamento prévio** pode atrasar significativamente o projeto.
- A submissão de carta consulta à COFIEIX exige conhecimento técnico qualificado, e pode ser necessária a **contratação de consultores especializados**.
- **Subsídios sem previsibilidade orçamentária** comprometem a atratividade do projeto.
- Análises focadas **apenas no custo de aquisição** podem distorcer a viabilidade econômica da eletromobilidade.
- **Variações cambiais** podem impactar significativamente contratos atrelados a equipamentos importados.
- Projetos **sem governança financeira estruturada** podem enfrentar dificuldades de captação junto a financiadores e organismos multilaterais.

POR QUE É IMPORTANTE A COFIEIX? (COMISSÃO DE FINANCIAMENTOS EXTERNOS)

A COFIEIX coordena a análise de projetos que buscam recursos de bancos multilaterais e outras instituições financeiras internacionais. Com apoio técnico da Secretaria de Assuntos Internacionais e Desenvolvimento (SEAID), a comissão avalia a aderência dos projetos às prioridades governamentais e recomenda sua inclusão na carteira federal de financiamentos externos. Nos casos em que a operação requer garantia da União, essa etapa é normalmente indispensável para que estados e municípios possam contratar o financiamento.

Produto	Entregável	Conteúdo
Levantamento de Fontes de Financiamento Mapeamento de linhas de crédito, fundos climáticos e mecanismos financeiros nacionais e internacionais aplicáveis à eletromobidade no transporte coletivo, criando uma base estruturada para decisão de captação.	Matriz de Fontes de Financiamento	- Nome da instituição - Modalidade - Taxa de juros - Prazo de carência - Prazo total - Moeda - Critérios de elegibilidade - Exigência de contrapartida - Garantias exigidas - Status de elegibilidade do ente - Exigência de aprovação na COFLEX - Possibilidade de financiamento climático - Incentivos ou benefícios associados (tributários, regulatórios ou financeiros) das debêntures, acesso a garantias públicas e <i>blended finance</i>
	Relatório de Viabilidade de Captação	- Análise das principais fontes elegíveis - Cronograma estimado de contratação - Capacidade institucional do ente - Avaliação das garantias necessárias - Probabilidade de aprovação e riscos associados - Compatibilidade com a CAPAG - Recomendações de priorização e próximos passos - Simulações financeiras para cenários pré-definidos
Avaliação de Incentivos e Subsídios Mapear mecanismos de apoio financeiro (subsídios tarifários, ao investimento, incentivos tributários e benefícios energéticos) que possam reduzir o custo total do projeto.	Relatório de Incentivos Financeiros	- Programas federais aplicáveis - Iniciativas estaduais locais elegíveis - Subsídios tarifários disponíveis - Subsídios ao investimento - Incentivos tributários - Benefícios para energia elétrica - Exigências de acesso e condições de permanência - Compatibilidade com o projeto
Mapeamento de Garantias e Instrumentos Financeiros Identificar mecanismos de mitigação de risco de crédito (fundos garantidores, seguros, avais) que ampliem a capacidade de financiamento, especialmente para entes com baixa classificação CAPAG.	Relatório de Garantias Financeiras	- Fundos garantidores elegíveis - Seguros de crédito disponíveis - Fundos de aval aplicáveis - Garantias exigidas por financiadores - Possibilidades de garantias públicas - Instrumentos fiduciários aplicáveis - Riscos financeiros mitigados
Avaliação de Títulos Verdes e Finanças Climáticas Verificar a viabilidade de emissão de títulos verdes (green bonds, debêntures verdes) e outros instrumentos de finanças sustentáveis, considerando incentivos fiscais e requisitos ESG.	Relatório de Finanças Verdes	- Potencial de emissão de green bonds e debêntures verdes - Requisitos de elegibilidade ESG - Padrões internacionais aplicáveis - Incentivos fiscais disponíveis - Potenciais investidores-alvo - Custos de estruturação financeira - Compatibilidade com o porte do projeto
Diagnóstico da Capacidade Financeira do Ente e dos Operadores Avaliar a saúde fiscal do município (CAPAG, limites da LRF) e a saúde financeira das empresas operadoras (fluxo de caixa, endividamento, histórico de adimplência), identificando restrições que impactam o acesso a financiamento e a necessidade de fundos garantidores específicos.	Relatório de Saúde Financeira	- Classificação CAPAG do ente (ou equivalente) - Limites da Lei de Responsabilidade Fiscal (endividamento, gastos com pessoal) - Capacidade de contratação de operações de crédito - Análise de fluxo de caixa e endividamento dos operadores - Histórico de adimplência e reequilíbrios contratuais - Identificação de necessidade de fundo garantidor específico - Matriz de restrições financeiras para o projeto

4.2 Arranjo institucional e modelo de negócios

A definição do modelo de negócio é uma das decisões mais estratégicas na estruturação de projetos de eletromobilidade, pois estabelece como serão distribuídas as responsabilidades sobre aquisição dos ativos, operação da frota, infraestrutura de recarga, manutenção, fornecimento de energia e gestão dos riscos financeiros e tecnológicos.

Diferentes arranjos institucionais podem alterar significativamente a viabilidade econômica, a capacidade de financiamento e o nível de exposição dos operadores e do poder público.

Diante dos modelos tradicionais de concessão, a eletrificação gera preocupações especialmente pelo elevado investimento inicial e pela evolução tecnológica das baterias. Nesse contexto, esta etapa calcula o Custo Total de Propriedade (TCO) comparando diesel vs. elétrico, incorporando custos de aquisição, infraestrutura de recarga, energia, manutenção, substituição de baterias, seguros e valor residual.

Realiza-se análise de sensibilidade a variações de preço da energia, taxa de juros, degradação das baterias e preço do diesel, além de análise multicritério dos cinco modelos de financiamento: Empréstimo Direto, Financiamento Concessional, Leasing Financeiro, *Asset Investor* e SPE/*Crowdfunding*.

Além da análise financeira, esta etapa deve avaliar impactos regulatórios, tributários, operacionais e concorrenciais de cada modelo, incluindo mecanismos de remuneração, repartição de riscos e garantias contratuais. Ao final, espera-se consolidar recomendações sobre o arranjo institucional mais aderente à realidade local, às condições de mercado e aos objetivos da política pública de eletrificação.

RECOMENDAÇÕES

- Calcular TCO (ótica pública/operador, vs. Diesel).
- Avaliar e definir modelos de financiamento.
- Calcular impacto tarifário anual, necessidade de subsídio (margem líquida $\geq 5\%$), indicadores (fluxo de caixa, TIR projeto/equity, VPL, DSCR).
- Calcular créditos de carbono (tCO_2/ano), metodologias/certificadoras, simular receitas e impacto na TIR.
- Elaborar matriz de riscos com mitigação (hedge, seguros, cláusulas).
- Definir modelo de negócio: propriedade (frota/bateria/recarga/operação), segregação ativo-operação, leasing de baterias, remuneração (disponibilidade/km/desempenho), participação de distribuidoras/investidores/fabricantes.
- Simular modicidade tarifária via subvenção total: poder público viabiliza investimentos via operadores; custos operacionais reduzidos permitem tarifas mais baixas sem repasse de custos ao passageiro (Lei nº 15.432/2026, Art. 4º; Art. 9º; Art. 27).
- Considerar modelos de remuneração por disponibilidade, km rodado ou desempenho operacional.
- Simular impactos regulatórios, tributários e financeiros associados a cada arranjo institucional.
- Para modelos de subvenção total: avaliar modicidade tarifária através da desoneração da tarifa em investimentos de CAPEX.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Análises focadas apenas no CAPEX** podem distorcer a avaliação de viabilidade econômica do projeto.
- **Variações cambiais e degradação das baterias** podem alterar significativamente as projeções financeiras.
- **Modelos incompatíveis com a capacidade de pagamento** podem gerar desequilíbrios contratuais e financeiros.
- **A ausência de matriz de riscos estruturada** pode dificultar a financiabilidade e a captação de recursos.
- **Modelos excessivamente rígidos** podem perder aderência diante da evolução tecnológica da eletromobilidade.
- **Falta de definição clara sobre propriedade dos ativos** pode gerar conflitos ao término contratual.
- **Separação entre ativos e operação** exige mecanismos robustos de coordenação e fiscalização.
- **Arranjos incompatíveis com o ambiente regulatório local** podem gerar insegurança jurídica e operacional.

Produto	Entregável	Conteúdo
Cálculo do Custo Total de Propriedade (TCO) comparativo Comparar economicamente as tecnologias diesel e elétrica ao longo de toda a vida útil dos ativos (aquisição, operação, manutenção, reposição de baterias, infraestrutura de recarga), permitindo decisão de investimento baseada em dados e análise de sensibilidade.	Modelo de TCO Comparativo	• Premissas econômicas e operacionais (preço diesel/energia, juros, degradação da bateria, km anual, vida útil) • Estrutura de custos (aquisição de veículos, operação diesel vs. elétrico, manutenção, Arla 32, seguros, licenciamento) • Custos de infraestrutura de recarga (equipamentos, instalação, subsídios, operação, manutenção, seguros) • Análises comparativas (tecnologia veicular, cenários de aquisição e leasing, análise de sensibilidade com gráficos de tornado, custo por km, análises anuais e por tipologia de frota)
Avaliação de Modelos de Financiamento Analisar as principais alternativas de financiamento (Empréstimo Direto, Concessional, Leasing Financeiro, Asset Investor, SPE/Crowdfunding) por meio de análise multicritério, indicadores financeiros e compatibilidade com a capacidade de pagamento do ente e dos operadores.	Relatório de Recomendação Financeira	• Análise multicritério dos modelos • TIR do projeto • TIR do equity • DSCR mínimo e médio • Payback estimado • Subsídio anual necessário • Garantias exigidas • Avaliação da CAPAG • Riscos financeiros • Recomendação técnica fundamentada
Modelagem Financeira do Projeto Construir fluxos de caixa anuais (projeto e equity) e calcular indicadores de retorno (TIR, VPL, margem líquida, DSCR, necessidade de subsídio) para viabilizar a tomada de decisão e apresentação a investidores e órgãos de fomento.	Modelo Financeiro do Projeto	• Fluxo de caixa do projeto e do equity • WACC • TIR do projeto e do equity • VPL • Margem líquida anual • DSCR por período • Cenários de sensibilidade e simulação por modelo financeiro • Necessidade de subsídio • Premissas econômicas e indicadores consolidados
Estimativa de Créditos de Carbono Quantificar o potencial de redução de emissões (tCO ₂ eq/ano), identificar metodologias de certificação aplicáveis e simular o impacto da receita de créditos de carbono na TIR do projeto, aumentando a atratividade financeira.	Relatório de Créditos de Carbono	• Metodologia de certificação aplicável • Estimativa de emissões evitadas • Preço de referência do crédito • Receita anual estimada • Impacto na TIR do projeto (com e sem créditos) • Riscos regulatórios e de precificação • Potenciais mercados elegíveis
Matriz de Riscos do Projeto Identificar e classificar os principais riscos (energético, cambial, regulatório, tecnológico, de demanda, operacional) e definir planos de mitigação (hedge, seguros, cláusulas contratuais), atribuindo responsabilidades e orçamentos para dar segurança jurídica e financeira ao modelo.	Matriz de Riscos	• Risco identificado • Probabilidade (baixa, média ou alta) • Impacto (baixo, médio ou alto) • Plano de mitigação • Responsável pelo monitoramento • Orçamento para mitigação • Mecanismos de proteção financeira
Cálculo do Impacto Tarifário Estimar o efeito da eletrificação na tarifa por passageiro, simular cenários com e sem subsídio e avaliar compensações (receitas acessórias, créditos de carbono, subsídios cruzados) para equilibrar a modicidade tarifária e atender à regulação.	Parecer de Impacto Tarifário	• Impacto tarifário estimado por passageiro • Cenários com e sem subsídio • Subsídios cruzados possíveis • Receitas acessórias (publicidade, recarga de terceiros, créditos de carbono) • Comparação entre cenários • Estratégias de modicidade tarifária (incluindo subvenção total) • Validação pelo órgão regulador municipal

4.3 Aquisição ou licitação de ativos

A etapa de aquisição e licitação representa a consolidação das definições técnicas, operacionais, jurídicas e financeiras desenvolvidas nas fases anteriores do projeto. É nesse momento que os requisitos da eletromobidade são traduzidos em instrumentos contratuais capazes de garantir desempenho operacional, segurança jurídica, sustentabilidade financeira e adequada alocação de riscos ao longo da vida útil dos ativos.

A estruturação dos editais e contratos deve refletir o modelo de negócio e financiamento previamente definidos, podendo envolver aquisição direta de veículos e infraestrutura, contratos de leasing, participação de investidores em ativos, constituição de SPEs, concessões comuns ou Parcerias Público-Privadas (PPPs). Cada modelo exige mecanismos específicos de contratação, garantias, fluxos de pagamento e repartição de responsabilidades entre poder público, operadores, financiadores e fornecedores.

Os instrumentos licitatórios devem buscar equilíbrio entre competitividade, padronização tecnológica e segurança operacional, evitando especificações excessivamente restritivas que reduzam a concorrência ou criem dependência tecnológica futura. Também devem contemplar requisitos relacionados à interoperabilidade dos sistemas, disponibilidade de peças, suporte técnico, garantias de desempenho das baterias, logística reversa, capacitação operacional e continuidade da prestação do serviço público. Além dos aspectos técnicos, é fundamental estruturar mecanismos robustos de governança contratual, fiscalização e gestão de desempenho, incluindo indicadores operacionais, metas de disponibilidade da frota, critérios objetivos de medição e penalidades por inadimplemento. Projetos de maior porte podem demandar instrumentos adicionais de mitigação de riscos, como fundos garantidores, seguros de performance, contratos tripartites e estruturas fiduciárias de pagamento.

A etapa deve observar a legislação aplicável às contratações públicas (Leis nº 14.133/2021 e nº 11.079/2004 PPPs) e o novo marco legal (Lei nº 15.432/2026), que exige licitação prévia (Art. 30) e define o regime econômico-financeiro e as cláusulas contratuais mínimas (Arts. 33/34) assegurando transparência dos atos, inclusive via PNCP. Ao final, espera-se consolidar editais, termos de referência, minutas contratuais e instrumentos de financiamento aptos a viabilizar a implantação da frota elétrica com segurança jurídica e aderência às necessidades locais.

RECOMENDAÇÕES

- Executar aquisição conforme modelo definido (financiamento, leasing, SPE etc.), observando COFLEX, Lei 14.133, garantias, logística reversa e cláusulas de transferência.
- Compatibilizar o modelo de aquisição com a estrutura financeira e regulatória definida nas etapas anteriores.
- Elaborar editais e termos de referência com especificações técnicas objetivas e não restritivas.
- Prever garantias mínimas de desempenho das baterias e disponibilidade operacional da frota.
- Incluir cláusulas de interoperabilidade, suporte técnico, estoque mínimo de peças e capacitação operacional.
- Definir claramente responsabilidades sobre manutenção, energia, infraestrutura e logística reversa.
- Utilizar critérios objetivos de julgamento, priorizando desempenho energético e custo do ciclo de vida.
- Prever mecanismos de transferência dos ativos em caso de troca de operador.
- Integrar cronogramas de entrega dos veículos com implantação da infraestrutura de recarga.
- Estruturar mecanismos de fiscalização contratual e indicadores de desempenho.
- Assegurar publicidade e rastreabilidade dos atos licitatórios no PNCP.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Especificações excessivamente restritivas** podem reduzir concorrência e gerar judicialização.
- **Atrasos na infraestrutura elétrica** podem comprometer cronograma de entrada da frota.
- **Contratos sem definição clara sobre manutenção e peças** podem elevar indisponibilidade operacional.
- **Falta de garantias de desempenho das baterias** aumenta risco financeiro do projeto.
- **Cláusulas vagas de logística reversa** dificultam responsabilização ambiental futura.
- **Softwares, telemetria e licenças digitais** frequentemente são subdimensionados nos editais.
- **Critérios subjetivos de julgamento** podem comprometer transparência e competitividade.
- **Projetos sem mecanismos adequados de fiscalização** podem enfrentar dificuldades de gestão contratual.
- **Ausência de previsão de treinamento operacional** pode comprometer desempenho da frota.

Produto	Entregável	Conteúdo
Minuta do Edital de Licitação Elaboração de edital completo para aquisição de veículos, infraestrutura de recarga e sistemas associados, em conformidade com a Lei nº 14.133/2021 e demais normas aplicáveis.	Minuta do Edital	• Objeto da contratação e escopo detalhado • Termo de referência e especificações técnicas mínimas • Requisitos dos veículos (autonomia, capacidade de bateria, eficiência energética, acessibilidade) • Especificações dos carregadores e sistemas de comunicação • Garantias mínimas dos ativos e baterias • Obrigações de manutenção, suporte técnico e estoque mínimo de peças • Cláusulas de logística reversa e sustentabilidade • Critérios de julgamento e desempate • Sanções e penalidades aplicáveis • Condições de habilitação técnica e econômico-financeira • Compatibilização com o modelo de negócio e financiamento adotado • Aprovação pela procuradoria jurídica e áreas técnicas competentes
Minuta do Contrato de Fornecimento ou Concessão Estruturação das relações contratuais entre poder concedente, operadores, fornecedores e financiadores, assegurando equilíbrio econômico-financeiro e desempenho operacional da frota elétrica.	Minuta Contratual	• Definição das responsabilidades das partes • Indicadores de desempenho e níveis mínimos de serviço (SLA) • Metas de disponibilidade operacional da frota • Condições de manutenção e suporte técnico • Mecanismos de reajuste e reequilíbrio econômico-financeiro • Penalidades por inadimplemento e descumprimento de desempenho • Garantias contratuais e seguros aplicáveis • Cláusulas de logística reversa e destinação de baterias • Repartição de receitas acessórias e créditos de carbono • Condições de transferência dos ativos e continuidade do serviço público
Minutas Contratuais por Modelo de Financiamento Adequação dos instrumentos jurídicos ao modelo de estruturação financeira escolhido para o projeto de eletromobidade.	Minutas Específicas de Estruturação	• Contrato de leasing financeiro total ou parcial • Condições de arrendamento e opção de compra dos ativos • Responsabilidades tributárias e operacionais • Cláusulas de desempenho e garantia das baterias • Acordos tripartites entre investidor, operador e poder concedente • Cláusulas de step-in e substituição operacional • Contrato de constituição de SPE e regras de governança • Fluxos de pagamento e garantias financeiras • Regras de transferência e reversibilidade dos ativos
Suporte Técnico e Jurídico à Licitação Acompanhamento especializado das fases da licitação e apoio técnico à comissão responsável pela condução do certame.	Relatório de Suporte à Licitação	• Registro cronológico dos atos licitatórios; Publicações e comunicações oficiais realizadas; Atas de sessões públicas e julgamentos; Respostas a esclarecimentos e impugnações; Análise técnica das propostas apresentadas; Pareceres de habilitação técnica e jurídica • Resultado de classificação e adjudicação; Registro das deliberações e decisões administrativas; Elementos para auditoria, controle e transparência ativa
Estruturação da Aquisição ou Licitação de Ativos Fornecer um roteiro jurídico-financeiro e os instrumentos contratuais mínimos para a efetiva aquisição dos veículos, baterias e infraestrutura de recarga, adaptados ao modelo de negócio e financiamento escolhido, assegurando conformidade legal, alocação clara de propriedade e continuidade operacional em caso de troca de concessionário.	Documento de Diretrizes para Aquisição/Licitação e Minutas Contratuais	• Para todos os modelos: identificação da contraparte e exigências legais aplicáveis • Definição de garantias fidejussórias e cláusulas de desempenho • Logística reversa de baterias e repartição de créditos de carbono • Plano de fiscalização pós-contratação • Empréstimo Direto ou Financiamento Concessional: contrato de financiamento e fornecimento dos ativos • Leasing Financeiro: contrato de leasing, condições operacionais e transferência dos ativos • Leasing Parcial: contrato de aquisição do veículo e leasing da bateria • Asset Investor: contrato tripartite e mecanismo de retorno ao investidor • SPE / Crowdfunding: constituição da SPE, debêntures verdes e arrendamento operacional • Se aquisição pública: edital, critérios ASG, especificações técnicas e penalidades • Concessão comum ou PPP: matriz de riscos, receitas acessórias e remuneração por desempenho, além da necessidade de cumprimento de ritos legais como a realização de audiência e consulta pública e eventual aprovação junto à órgãos de controle (TCE, TCM e outros)

ETAPA 5

Implementação do Projeto

5.1 Capacitação Técnica

A capacitação técnica é um pilar para a implementação segura e eficiente da eletromobilidade no transporte coletivo urbano. A introdução de veículos elétricos altera rotinas operacionais, procedimentos de manutenção, protocolos de segurança e formas de monitoramento da operação, exigindo que operadores, motoristas, equipes técnicas e gestores públicos desenvolvam novas competências relacionadas à tecnologia de alta tensão, sistemas eletrônicos embarcados e gestão energética da frota.

Essa etapa deve estruturar programas de formação específicos para diferentes perfis profissionais, incluindo motoristas, mecânicos, fiscais do poder concedente, gestores operacionais, equipes de compras e comunicação institucional. Para motoristas, a capacitação deve abordar técnicas de condução econômica, utilização eficiente da frenagem regenerativa, procedimentos de emergência e atendimento adequado aos passageiros. Já as equipes de manutenção precisam ser treinadas em segurança elétrica, bloqueio e etiquetagem (LOTO), diagnóstico de baterias, sistemas de refrigeração e componentes de alta tensão.

BLOQUEIO E ETIQUETAGEM (LOTO)

Trata-se de um procedimento de segurança utilizado para garantir que equipamentos energizados permaneçam completamente desligados durante manutenção ou intervenção técnica, evitando acionamentos acidentais.

Além da qualificação técnica, esta etapa deve promover a adaptação organizacional necessária à transição energética, com programas de requalificação profissional que aproveitem a experiência das equipes existentes, reduzam resistências e fortaleçam a aceitação da eletromobilidade. É essencial incorporar ações de diversidade e inclusão, ampliando a participação de mulheres em funções técnicas e operacionais, com adequação de EPIs, melhorando o ambiente de trabalho e capacitação específica. Por fim, estruturar programas de formação continuada, reciclagem periódica e simulações de emergência.

 RECOMENDAÇÕES

- Estruturar treinamentos específicos por perfil profissional.
- Realizar capacitações práticas em veículos reais.
- Capacitar motoristas em direção econômica e regenerativa.
- Treinar mecânicos em sistemas de alta tensão.
- Implementar protocolos LOTO e segurança elétrica.
- Capacitar fiscais em indicadores elétricos e telemetria.
- Desenvolver programas de requalificação profissional.
- Promover ações afirmativas de gênero e inclusão.
- Adequar EPIs e instalações para diversidade de usuários.
- Implementar reciclagens periódicas obrigatórias.
- Realizar simulações de emergência com bombeiros.
- Capacitar equipes de compras e comunicação institucional.
- Criar programas de multiplicadores internos.

 PONTOS DE ATENÇÃO

- **Treinamentos apenas teóricos** são insuficientes para a operação segura.
- **Alta rotatividade** exige formação continuada.
- **Resistência cultural** pode comprometer a transição tecnológica.
- **Falta de capacitação dos fiscais** reduz controle contratual.
- **EPIs inadequados** aumentam riscos operacionais.
- **Ações afirmativas sem acompanhamento** tendem a ser ineficazes.
- **Equipes não treinadas** elevam riscos de acidentes elétricos.
- **Comunicação inadequada** pode gerar percepção negativa da operação.

Produto	Entregável	Conteúdo
Treinamento para Motoristas Capacitação teórico-prática para operação segura, eficiente e inclusiva da frota elétrica.	Programa de Capacitação de Motoristas	• Introdução ao veículo elétrico; diferenças para ônibus diesel; noções básicas de alta tensão • Direção econômica e regenerativa; antecipação de frenagem; condução eficiente em corredores; impacto no consumo • Procedimentos de emergência: incêndio em baterias, desativação elétrica de emergência, evacuação de passageiros; atendimento a PcD • Comunicação verbal em veículos silenciosos; alertas sonoros; procedimentos pós-acidente • Aulas práticas em operação real; simulações operacionais; avaliação teórica/prática e certificação de participantes
Requalificação de Mecânicos Diesel-Elétrico Capacitação técnica para adaptação das equipes de manutenção à tecnologia elétrica.	Programa de Requalificação Técnica	• Fundamentos de eletricidade • Segurança em alta tensão • Procedimentos LOTO • Uso correto de EPIs • Verificação de ausência de tensão • Motores elétricos de tração • Inversores e conversores • Baterias e módulos de potência • Sistemas de refrigeração • Leitura de códigos de falha • Interpretação de telemetria • Diagnóstico de baterias • Inspeção de conectores elétricos • Sistemas auxiliares elétricos • Comparativo diesel x elétrico • Práticas em veículos reais • Simulações de manutenção • Cronograma de transição • Avaliação prática e teórica • Certificação técnica
Treinamento em Segurança Elétrica Capacitação das equipes de manutenção e operação em segurança para sistemas energizados.	Programa de Segurança Operacional	• Riscos elétricos em alta tensão; procedimentos de desenergização; bloqueio e etiquetagem (LOTO) • Uso de EPIs específicos; primeiros socorros elétricos e resposta a emergências • Resgate em ambiente energizado e simulações práticas de acidente • Simulações práticas de acidente • Inspeções de segurança e avaliação prática obrigatória • Contemplar lista de presença e emissão de certificados
Plano de Requalificação Profissional Estruturação da transição gradual das equipes para a eletromobidade.	Plano de Requalificação de Equipes	• Cronograma de capacitações e metas de requalificação • Quantidade de profissionais • Carga horária prevista • Plano de retenção de equipes • Estratégia de multiplicadores • Indicadores de acompanhamento e metas de permanência • Ações de adaptação cultural • Planejamento de reciclagens periódicas
Capacitação do Centro de Controle Operacional Treinamento da equipe responsável pelo monitoramento e gestão operacional da frota elétrica.	Relatório de Capacitação do CCO	• Leitura de dashboards operacionais; indicadores SoH e SoC; monitoramento de temperatura; alarmes operacionais • Gestão de recarga da frota; interpretação de telemetria; resposta a falhas operacionais • Simulações de contingência; avaliação prática das equipes; certificação dos participantes
Programa de Diversidade e Inclusão Implementação de ações afirmativas para ampliação da participação feminina e promoção da inclusão.	Relatório de Ações Afirmativas	• Metas de participação feminina; parcerias com escolas técnicas; bolsas de capacitação; campanhas de divulgação • Indicadores de participação; distribuição por função; ações de permanência profissional • Adequação de EPIs e instalações; capacitação sobre assédio; relatos e boas práticas; indicadores anuais de diversidade

5.2 Adequação de Infraestrutura

A adequação da infraestrutura visa garantir segurança, confiabilidade e continuidade da operação da frota elétrica. A depender da dimensão do projeto, pode haver casos de necessidade de migrar para média ou alta tensão, e pode exigir adaptações nas garagens e áreas de recarga estratégicas.

As intervenções devem contemplar tanto a infraestrutura de recarga quanto os ambientes destinados à manutenção dos veículos, incluindo a criação de áreas segregadas para sistemas energizados, instalação de sistemas de aterramento adequados, plataformas de trabalho em altura, sinalização de risco e equipamentos específicos para atuação em alta tensão. Também devem ser observadas as exigências das normas regulamentadoras aplicáveis, especialmente NR-10, NR-12 e NR-35, além de requisitos do corpo de bombeiros, órgãos ambientais e legislações urbanísticas locais.

A adaptação das oficinas requer aquisição de ferramentas isoladas, equipamentos de proteção individual específicos, sistemas de combate a incêndio compatíveis com baterias de lítio e definição de procedimentos seguros para desenergização e armazenamento temporário de componentes energizados.

A etapa também deve incorporar critérios de acessibilidade, ergonomia e inclusão, assegurando que as adaptações contemplem ambientes adequados para equipes diversas, incluindo instalações sanitárias compatíveis, acessibilidade universal e condições adequadas de segurança e conforto no ambiente de trabalho.

Ao final desta etapa, espera-se consolidar projetos executivos de adequação da infraestrutura, especificações técnicas de equipamentos e sistemas de segurança, licenças e autorizações necessárias, além de laudos de conformidade que atestem a adequação das instalações para operação e manutenção da frota elétrica.

RECOMENDAÇÕES

- Realizar diagnóstico completo das garagens e oficinas.
- Adequar instalações às NR-10, NR-12 e NR-35.
- Delimitar áreas de risco e zonas energizadas.
- Implantar sistemas adequados de aterramento.
- Instalar sistemas específicos de combate a incêndio compatíveis com baterias de lítio.
- Adquirir ferramentas isoladas e EPIs adequados.
- Prever plataformas para manutenção em altura.
- Adequar áreas para armazenamento controlado de baterias.
- Dimensionar espaços considerando recarga simultânea.
- Planejar estoque mínimo de peças críticas.
- Garantir acessibilidade universal nas adaptações.
- Adequar instalações sanitárias para diversidade da equipe.
- Obter licenças e anuências dos órgãos competentes.
- Realizar treinamento de segurança antes da operação.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Garagens podem perder capacidade operacional** após adaptação física.
- **Garagens podem perder capacidade operacional** após adaptação.
- **Aterramento inadequado** aumenta risco de acidentes fatais.
- **Sistemas convencionais de incêndio** podem ser insuficientes.
- **Baterias usadas exigem armazenamento controlado.**
- **Falta de peças críticas** pode elevar indisponibilidade da frota.
- **Ausência de áreas segregadas** aumenta riscos operacionais.
- **Infraestruturas antigas** podem exigir reforços estruturais.
- **Ausência de acessibilidade** compromete inclusão da equipe.
- **Atrasos em licenças** podem impactar cronogramas do projeto.

Produto	Entregável	Conteúdo
Vistoria Técnica e Projeto de Adequação Adequação de garagens, oficinas e áreas operacionais para requisitos da eletromobilidade e segurança ocupacional.	Projeto Executivo de Adequação	• Layout atualizado da garagem • Zonas controladas de alta tensão • Áreas segregadas de manutenção • Sistema de aterramento elétrico • Memória de cálculo elétrico • Plataformas de trabalho em altura • Sistema de combate a incêndio • Áreas para armazenamento de baterias • Sinalização de segurança operacional • Fluxos de circulação e manobra • Acessibilidade universal • Instalações sanitárias adequadas • Adequações estruturais necessárias • Compatibilização com normas técnicas • Licenças e aprovações necessárias
Especificação de Equipamentos e EPIs Definição dos equipamentos, ferramentas e EPIs necessários para manutenção segura da frota elétrica.	Lista de Equipamentos e EPIs	• Ferramentas isoladas até 1000V • Luvas isolantes classe 00 e 0 • Capacetes e viseiras de proteção • Tapetes isolantes • Detectores de tensão • Multímetros categoria IV • Pórticos de elevação • Extintores para baterias de lítio • Sistemas de supressão de incêndio • EPIs específicos para alta tensão • Normas técnicas aplicáveis • Quantitativos por item • Especificações técnicas mínimas • Fornecedores de referência • Prazos estimados de aquisição
Laudo de Conformidade Pós-Obra Verificação técnica das adequações executadas e conformidade com normas de segurança.	Laudo Técnico de Conformidade	• ART ou RRT do responsável técnico • Verificação das adequações executadas • Conformidade com NR-10, NR-12 e NR-35 • Teste do sistema de aterramento e testes dos sistemas de incêndio • Registro fotográfico da vistoria • Medições elétricas realizadas • Não conformidades identificadas • Recomendações corretivas • Aprovação dos órgãos competentes

5.3 Operação e Monitoramento

A operação da frota elétrica exige uma gestão baseada em dados, monitoramento contínuo e capacidade de resposta rápida a falhas operacionais, energéticas e tecnológicas. Diferentemente da operação convencional, os veículos elétricos dependem da integração entre planejamento operacional e de recarga, tornando fundamental investimentos em sistemas de telemetria, conectividade e gestão energética, com a implementação de mecanismos de monitoramento operacional em tempo real.

Essa etapa deve estruturar indicadores específicos para a eletromobidade, permitindo acompanhar desempenho da frota, eficiência energética, disponibilidade dos carregadores, tempos de recarga e estado de saúde das baterias. O monitoramento contínuo dessas informações possibilita identificar falhas precocemente, otimizar o consumo energético, reduzir indisponibilidades e apoiar decisões operacionais do Centro de Controle Operacional (CCO). A integração da telemetria ao CCO deve permitir visualização em tempo real de indicadores como estado de carga da bateria (SoC), saúde da bateria (SoH), temperatura dos módulos, localização dos veículos, consumo energético e alarmes operacionais.

Além da gestão operacional, esta etapa deve contemplar protocolos robustos de contingência para situações como falhas de carregadores, indisponibilidade da rede elétrica, falhas de comunicação, superaquecimento de baterias e incidentes de segurança. Recomenda-se que os protocolos sejam periodicamente simulados e testados, garantindo capacidade de resposta das equipes envolvidas.

A operação conectada também amplia a necessidade de medidas de segurança cibernética para proteção da infraestrutura crítica e contar com integração de operação e monitoramento da frota elétrica, com indicadores padronizados, protocolos de contingência, conectividade com o CCO e mecanismos de segurança operacional e digital.

A operação da frota elétrica deve incorporar uma estratégia de gestão de ativos que considere a manutenção preventiva e o planejamento de substituição de componentes ao longo de seu ciclo de vida, especialmente baterias, carregadores e equipamentos elétricos. Por fim, ainda que equipamentos elétricos tenham longa vida útil é recomendado a contratação de suporte técnico especializado para acompanhamento de indicadores de desempenho, inspeções periódicas, atualizações de software e manutenção dos sistemas.

RECOMENDAÇÕES

- Definir indicadores específicos para frota elétrica.
- Monitorar SoC, SoH e eficiência energética.
- Integrar telemetria ao Centro de Controle Operacional.
- Padronizar métricas operacionais e energéticas.
- Estabelecer metas de desempenho.
- Implementar planos de contingência operacionais.
- Realizar simulações periódicas de emergência.
- Capacitar equipes do CCO em gestão energética.
- Monitorar temperatura e alarmes das baterias.
- Implementar calibração periódica dos carregadores.
- Estabelecer comitê de acompanhamento operacional.
- Adotar protocolos de segurança cibernética.
- Segmentar redes de recarga e telemetria.
- Integrar monitoramento da infraestrutura elétrica.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Falhas de comunicação** podem comprometer a operação.
- **Indicadores mal definidos** geram conflitos contratuais.
- **Segurança cibernética** é frequentemente negligenciada.
- **Capacitar equipes para dominar** indicadores elétricos e testar planos de contingência para evitar falhas.
- **Falhas de telemetria** reduzem capacidade de resposta operacional.
- **Carregadores sem manutenção preventiva** afetam disponibilidade da frota.
- **Alarmes críticos** podem passar despercebidos sem integração adequada.

VIDA ÚTIL ESTIMADA DE EQUIPAMENTOS

- **Ônibus Elétricos:** entre 12 e 15 anos (equivalente à vida útil regulatória de muitos sistemas)
- **Baterias:** 7 e 10 anos, a depender da composição, ciclos, temperatura e regime operacional.
- **Carregadores:** entre 10 e 15 anos a depender de manutenção preventiva
- **Subestações e infraestrutura elétrica:** entre 12 e 15 anos (equivalente à vida útil regulatória de muitos sistemas)

Produto	Entregável	Conteúdo
Definição de Indicadores e Metas Operacionais Estruturação dos indicadores operacionais, energéticos e de desempenho da frota elétrica.	Plano de Indicadores e Metas	- Disponibilidade diária da frota - Tempo médio de recarga - Eficiência energética (kWh/km) - Estado de saúde da bateria (SoH) - MTBF dos carregadores - MTTR de manutenção - Metas anuais por indicador - Periodicidade de monitoramento - Fórmulas de cálculo - Fontes de dados utilizadas - Responsáveis pelo acompanhamento - Procedimentos de reporte - Padronização das métricas - Validação pelo órgão gestor
Planos de Contingência Operacional Estruturação dos protocolos de resposta para falhas operacionais, energéticas e tecnológicas.	Plano de Contingência	- Falha de telemetria - Falha de smart charging - Queda geral de energia - Falha de carregadores - Incêndio em baterias - Vazamento de fluido refrigerante - Impactos operacionais estimados - Impactos sobre headway - Ações de mitigação - Fluxogramas de decisão - Contatos de emergência - Tempos esperados de resposta - Responsáveis por acionamento - Protocolos de comunicação
Implantação de Sistema de Telemetria Integração dos veículos, carregadores e infraestrutura ao Centro de Controle Operacional.	Sistema Integrado de Telemetria	- Monitoramento do SoC da bateria - Monitoramento do SoH - Temperatura dos módulos - Localização GPS dos veículos - Consumo energético em tempo real - Alertas operacionais automáticos - Histórico operacional da frota - Dashboards em tempo real - Integração via API ao CCO - Monitoramento dos carregadores - Registro de falhas operacionais - Testes de aceitação do sistema - Armazenamento histórico de dados
Configuração de Segurança Cibernética Proteção da infraestrutura digital associada à recarga e operação da frota elétrica.	Plano de Segurança Cibernética	- Configuração de firewalls - Segmentação de rede - Isolamento da rede de recarga - Criptografia de comunicação - Controle de acesso aos sistemas - Autenticação multifator - Proteção da telemetria - Monitoramento de vulnerabilidades - Protocolos de resposta a incidentes - Políticas de backup e recuperação - Atualização de softwares críticos
Simulações Operacionais e de Emergência Execução periódica de simulações para validação dos planos de contingência e treinamento das equipes.	Relatório de Simulações Operacionais	- Data e duração da simulação - Cenário operacional simulado - Participantes envolvidos - Ações executadas - Tempos de resposta obtidos - Desvios identificados - Lições aprendidas - Recomendações de melhoria - Atualizações necessárias no plano e Periodicidade das simulações

5.4 Dia 1 de Operação

O início da operação da frota elétrica representa um marco estratégico para o sistema de transporte público e exige planejamento integrado para garantir segurança, confiabilidade operacional e percepção positiva da população. Mais do que a entrada em circulação dos veículos, o "Dia 1" deve consolidar procedimentos técnicos, operacionais e institucionais capazes de assegurar regularidade do serviço, rápida resposta a falhas e alinhamento entre todos os atores envolvidos na operação.

Antes do início da operação comercial, recomenda-se a construção de um caminho crítico com datas até o dia previsto de início da operação. Neste cronograma, devem constar datas de realização de testes integrados de rodagem, recarga, comunicação e telemetria, verificando autonomia real dos veículos, desempenho dos carregadores, funcionamento dos sistemas de monitoramento e protocolos de contingência. Sempre que possível, adotar operação assistida inaugural supervisionada, permitindo ajustes operacionais iniciais e familiarização das equipes e passageiros com a nova tecnologia.

A etapa também deve contemplar alinhamentos institucionais entre operadores, poder concedente, distribuidora de energia, corpo de bombeiros, polícia, defesa civil, SAMU e demais órgãos envolvidos em emergências. Protocolos de comunicação, acionamento e resposta devem estar previamente definidos e testados.

A comunicação com a população e com a imprensa possui papel relevante para apoiar o sucesso da implantação. Recomenda-se divulgar os benefícios ambientais e operacionais da frota elétrica, orientar usuários sobre eventuais mudanças operacionais e disponibilizar canais específicos para dúvidas, sugestões e registro de falhas nos primeiros meses da operação.

O monitoramento intensivo dos indicadores operacionais durante os primeiros dias é essencial para identificar falhas precocemente, acompanhar desempenho da frota, estabilidade da infraestrutura de recarga e comportamento operacional dos veículos em condições reais de serviço. Nesse contexto, é necessário dispor de protocolos operacionais validados, operação assistida estruturada, canais de comunicação ativos e sistemas de monitoramento capazes de garantir estabilidade e continuidade da operação desde o primeiro dia.

RECOMENDAÇÕES

- Realizar testes integrados antes da operação comercial.
- Testar recarga, telemetria e comunicação dos sistemas.
- Executar operação assistida nos primeiros dias.
- Monitorar indicadores operacionais em tempo real.
- Alinhar protocolos entre todos os atores envolvidos.
- Validar planos de contingência previamente.
- Capacitar equipes para resposta rápida a falhas.
- Estabelecer canais de atendimento ao usuário.
- Comunicar previamente mudanças operacionais.
- Divulgar benefícios ambientais e operacionais da frota.
- Realizar acompanhamento intensivo da operação inicial.
- Registrar falhas e ações corretivas diariamente.
- Articular atuação com bombeiros, polícia e SAMU.
- Planejar comunicação institucional e relacionamento com imprensa.

PONTOS DE ATENÇÃO

- **Falhas iniciais** podem comprometer percepção pública do projeto.
- **Testes insuficientes** aumentam risco operacional no lançamento.
- **Equipes podem não estar preparadas** para contingências reais.
- **Falta de integração institucional** dificulta respostas emergenciais.
- **Comunicação tardia** pode gerar desinformação e crise.
- **Problemas de telemetria** reduzem capacidade de monitoramento.
- **Recarga inadequada** pode comprometer regularidade da operação.
- **Expectativas superdimensionadas** podem gerar frustração dos usuários.

Produto	Entregável	Conteúdo
Campanha de Comunicação Multicanal Planejamento e execução de ações de comunicação para informar a população sobre a operação da frota elétrica e seus benefícios.	Plano de Comunicação	• Públicos-alvo priorizados • Estratégia de comunicação • Canais de divulgação utilizados • Cronograma de campanhas • Plano pré-operacional • Plano para lançamento da operação • Plano pós-implantação • Orçamento estimado por canal • Indicadores de alcance e engajamento • Plano de relacionamento com imprensa • Procedimentos para gestão de crise • Responsáveis pela execução • Validação institucional da campanha
	Materiais de Divulgação	• Vídeos institucionais • Peças para redes sociais • Material gráfico para veículos • Material para pontos de parada • Identidade visual da operação • QR Codes informativos nos veículos • Site ou página oficial do projeto • Conteúdo educativo sobre eletromobidade • Orientações operacionais ao usuário e divulgação de benefícios ambientais
Canal de Atendimento ao Usuário Implantação de canais dedicados para recebimento de dúvidas, manifestações e registros relacionados à operação da frota elétrica.	Sistema de Atendimento ao Usuário	• Canal digital de atendimento • Registro de manifestações • Protocolos automatizados • Classificação das demandas • Prazos máximos de resposta • Fluxos de encaminhamento • Relatórios periódicos de atendimento • Indicadores de resolatividade • Integração com canais institucionais • Disponibilidade antes da operação comercial
Pesquisa de Satisfação dos Usuários Monitoramento da percepção dos passageiros nos primeiros meses da operação elétrica para apoiar melhorias operacionais contínuas.	Relatórios de Pesquisa de Satisfação	• Pesquisas aos 30, 90 e 180 dias • Amostragem mínima definida • Aplicação digital via QR Code • Coleta direta com usuários da operação • Perguntas padronizadas • Avaliação de conforto e ruído • Avaliação de segurança e limpeza • Avaliação de pontualidade • Avaliação da experiência do usuário • Análise comparativa entre rodadas • Identificação de pontos críticos • Plano de ação para melhorias • Base de dados consolidada das respostas