



PURE EARTH BRASIL

TERMO DE REFERÊNCIA

Contratação de serviço técnico especializado para elaboração do Estudo Nacional de Balanço de Massa de Chumbo de baterias chumbo- ácido (LAB/ULAB)

Lead Mass Balance - Material Flow Analysis / Substance Flow Analysis (MFA/SFA)

Modalidade	Contratação de pessoa física ou jurídica especializada.
Natureza	Avaliação rápida (<i>rapid assessment</i>), predominantemente documental, com validação dirigida.
Abrangência	Território nacional brasileiro.
Prazo de execução	90 (noventa) dias corridos, contados da assinatura do contrato ou ordem de serviço.
Valor máximo	R\$ 40.000,00 (Quarenta mil reais), incluídos tributos, encargos e despesas.
Base técnica	Protocol and Scope of Work for Lead Mass Balance Studies - Pure Earth, maio de 2026.
Prazo para candidatura	Até 05 de outubro de 2026, por e-mail para gilson.spanemberg@pureearth.org e beatriz.nery@pureearth.org

Estratégia Nacional de Exposição ao Chumbo | GTP-Chumbo / CONASQ / MMA

1. Objeto

Contratação de pessoa física ou jurídica especializada para elaborar o Estudo Nacional de Balanço de Massa de Chumbo das baterias chumbo-ácido (*Lead-Acid Batteries - LAB*) e das baterias chumbo-ácido usadas (*Used Lead-Acid Batteries - ULAB*), mediante aplicação integrada da Análise de Fluxo de Materiais e da Análise de Fluxo de Substâncias (MFA/SFA), fundamentada no princípio da conservação de massa e no Protocolo da Pure Earth de maio de 2026.

O estudo deverá quantificar e reconciliar os fluxos de chumbo associados à importação, produção, distribuição, uso, coleta, transporte, reciclagem, exportação, estocagem e perdas ambientais, incluindo fluxos formais e informais, emissões fugitivas e o chamado “chumbo perdido” (*missing lead*).

2. Contexto e justificativa

As baterias chumbo-ácido estão entre os produtos mais reciclados no mundo, mas a elevada circularidade potencial não elimina os riscos relacionados à drenagem inadequada do eletrólito, ao desmonte, à fusão informal, à gestão de escórias e poeiras e ao descarte irregular. Dados nacionais sobre entrada, estoque, coleta, reciclagem e saída de chumbo encontram-se dispersos em diferentes sistemas administrativos, registros setoriais e fontes privadas, dificultando a avaliação integrada da cadeia.

A expansão de baterias de ciclo profundo em sistemas solares, telecomunicações e aplicações industriais também amplia estoques antropogênicos que podem não estar plenamente contemplados nos sistemas tradicionais de logística reversa. O balanço de massa permitirá identificar discrepâncias entre a geração teórica de ULAB e a captura formal, estimar perdas e subsidiar metas, fiscalização, responsabilidade estendida do produtor, logística reversa e prevenção da exposição humana e ambiental.

3. Fundamentação técnica

Os serviços deverão observar integralmente o documento “*Protocol and Scope of Work for Lead Mass Balance Studies*” (Pure Earth, maio de 2026), que estabelece o arcabouço MFA/SFA, as cinco fases de cálculo, as fontes de dados, os fatores de conversão, a classificação da qualidade dos dados, o tratamento das incertezas e o instrumento de pesquisa de campo. O Protocolo será fornecido à Contratada como anexo e prevalecerá como referência técnica.

Adaptações ao contexto brasileiro serão admitidas quando justificadas pela disponibilidade de dados, pelo marco regulatório e pela estrutura nacional da cadeia LAB/ULAB, sem prejuízo da contabilização completa dos fluxos de chumbo e da identificação de perdas e emissões fugitivas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo geral

Realizar estudo nacional de MFA/SFA das baterias chumbo-ácido, estabelecendo um balanço quantitativo e reproduzível que rastreie o ciclo de vida do chumbo desde a entrada no país e a distribuição até a gestão de fim de vida, para uma janela analítica mínima de três anos, preferencialmente 2023-2025, ou outra pactuada no plano de trabalho.

4.2 Objetivos específicos

- Quantificar as entradas de chumbo por importação direta de LAB, chumbo secundário, sucata, veículos e equipamentos com baterias embutidas, além da produção doméstica.
- Estimar os estoques antropogênicos de chumbo em uso nos setores automotivo, solar, telecomunicações e outras aplicações relevantes identificadas.
- Estimar a geração potencial de ULAB mediante modelos de vida útil e comparar os resultados com a coleta e a reciclagem formal verificadas.
- Calcular as perdas operacionais da reciclagem, incluindo chumbo retido em escórias, poeiras, resíduos, efluentes e outras liberações.
- Quantificar as saídas do sistema por exportação de baterias, veículos, chumbo secundário, resíduos e sucatas.
- Determinar o *leakage* total e o *missing lead*, com análise das prováveis destinações e das lacunas de informação.
- Gerar indicadores para políticas públicas, incluindo eficiência de coleta, recuperação, intensidade de perdas, mercado endereçável e parâmetros para instrumentos de responsabilidade estendida do produtor.
- Estimar a dimensão econômica do balanço de massa, incluindo, quando viável, informações sobre o mercado de reciclagem de baterias, o valor econômico associado aos fluxos de baterias e chumbo, e potenciais perdas ou ganhos entre os diferentes atores da cadeia, utilizando dados primários validados para apoiar e calibrar essas estimativas sempre que possível.

- Produzir base de dados, memória de cálculo, modelo reproduzível, relatório técnico, sumário executivo e apresentação para o GTP-Chumbo.

5. Abrangência e limites do estudo

5.1 Limite geográfico

Todo o território nacional, com desagregação regional ou estadual quando os dados permitirem e consideração de corredores logísticos e fronteiriços relevantes.

5.2 Limite temporal

Janela mínima de três anos, preferencialmente 2023-2025. Séries históricas anteriores poderão ser utilizadas para modelagem de estoques, vida útil e geração de resíduos.

5.3 Limite material

Chumbo elementar contido em LAB/ULAB e em chumbo secundário diretamente associado à cadeia das baterias. Outros produtos contendo chumbo poderão ser tratados como fluxos complementares quando necessários para o fechamento do balanço e quando houver dados confiáveis, devendo ser claramente identificados e separados do núcleo LAB/ULAB.

5.4 Limite operacional

A contratação corresponde a uma avaliação rápida, predominantemente documental, com validação de campo dirigida. Pesquisa de campo extensa, amostragem nacional representativa, análises laboratoriais em grande escala ou desenvolvimento de plataforma web não integram o escopo, salvo ajuste formal de prazo e orçamento. O estudo deverá incluir coleta de dados primários suficiente para fortalecer as estimativas, sem exigir necessariamente amostragem nacional extensa. A abordagem de campo será proporcional, dirigida e tecnicamente justificada.

6. Escopo técnico e atividades

6.1 Fase 1 - Entradas de chumbo

- Extrair e tratar dados aduaneiros nacionais e internacionais para HS/NCM 8507.10, 8507.20, 7801, 7802, 8548.10, 8703 e 8704, entre outros códigos tecnicamente justificados. Esta lista é indicativa e não exaustiva, cabendo à Contratada identificar e incluir, durante a execução, códigos adicionais relevantes que possam revelar fluxos materiais não considerados inicialmente.
- Calcular o peso médio unitário e a fração de chumbo por categoria de bateria, utilizando dados de mercado, fabricantes, literatura e, quando viável, pesquisa dirigida de caracterização.
- Estimar chumbo embutido em veículos e equipamentos importados, documentando fatores de bateria por classe e hipóteses de descarte imediato.
- Levantar produção doméstica, montagem, reciclagem e movimentação de chumbo secundário, com verificação cruzada entre entradas e saídas.

6.2 Fase 2 - Estoques antropogênicos

- Estimar estoque automotivo a partir da frota ativa, por categoria, idade e configuração de baterias.
- Estimar estoque solar e de telecomunicações mediante capacidade instalada, número de sistemas, tecnologia, configuração dos bancos de baterias e ciclos de substituição.
- Calcular a variação anual dos estoques, evitando dupla contagem entre fluxos e estoques.

6.3 Fase 3 - Geração de ULAB, coleta e perdas de reciclagem

- Modelar a geração potencial de ULAB com distribuição de Weibull ou método equivalente, com parâmetros de vida útil documentados e análise de sensibilidade.
- Quantificar coleta formal por registros de logística reversa, *gate receipts*, relatórios setoriais e informações de recicladores licenciados.
- Estimar fluxos informais por entrevistas, *surveys*, dados de fiscalização e triangulação com os demais fluxos, podendo a coleta primária utilizar amostragem direcionada, aleatória ou regionalmente representativa, conforme justificativa técnica. Os dados obtidos deverão ser extrapolados e calibrados para apoiar estimativas nacionais mais realistas, sem a necessidade de uma pesquisa nacional extensiva.
- Pesquisa de campo dirigida e ética, sendo obrigatória a realização de visitas a recicladores informais para a estimativa de fluxos de chumbo, podendo também envolver entrevistas e/ou *surveys* para obtenção e validação de dados

primários, especialmente em perdas de reciclagem e outros pontos em que os dados documentais sejam limitados. Sugere-se, como uma das opções, a realização de visitas a recicladores em três ou quatro estados representativos do transporte veicular.

- Estimar perdas operacionais pela comparação entre chumbo contido nas entradas, produção de chumbo secundário, escórias, poeiras, resíduos e emissões.

6.4 Fase 4 - Saídas

- Quantificar exportações de LAB/ULAB, chumbo secundário, resíduos, sucatas, veículos e equipamentos com chumbo embutido.
- Documentar fatores de conversão, classificações aduaneiras, unidades, massa líquida, valor e destino.

6.5 Fase 5 - *Leakage e missing lead*

- Reconciliar entradas, saídas e variações de estoque.
- Calcular o termo residual e apresentar intervalos de incerteza.
- Estimar perdas operacionais pela comparação entre chumbo contido nas entradas, produção de chumbo secundário, escórias, poeiras, resíduos e emissões.
- Interpretar as possíveis destinações: retenção de estoque, processamento informal, exportação não registrada, descarte irregular, erro de classificação ou lacunas de dados.
- Indicar quais resultados exigem validação adicional e quais conclusões podem ser utilizadas imediatamente para decisão.

6.6 Atividades transversais

- Modelagem estatística e probabilística em R ou ferramenta equivalente, com análise de sensibilidade e propagação de incerteza.
- Reconciliação em STAN v2.7 ou ferramenta equivalente de MFA/SFA, com classes de qualidade A-E.
- Mapeamento institucional e consulta a atores governamentais, indústria, logística reversa, energia, telecomunicações e setores formal e informal.
- *Benchmarking* com países de referência, preservando a comparabilidade dos indicadores.
- Workshop técnico de validação e transferência de conhecimento.

7. Fontes de dados indicativas

A Contratada deverá propor e justificar a combinação de fontes. A lista abaixo é indicativa e não exaustiva:

- COMEX Stat/MDIC, Receita Federal e UN Comtrade para comércio exterior;
- SENATRAN e fontes setoriais para frota e importação de veículos;
- ANEEL, ANATEL, operadores e associações para sistemas solares e telecomunicações;
- SINIR/MMA, relatórios de logística reversa, IBAMA, órgãos estaduais e recicladores licenciados para coleta e reciclagem;
- ANM, IBGE/PIA, associações industriais, fabricantes, distribuidores e importadores;
- Dados de fiscalização, licenciamento, transportadores, sucateiros e pesquisas dirigidas;
- Literatura científica e técnica para fatores de conteúdo de chumbo, vida útil, rendimento e incerteza.

8. Produtos, entregáveis, prazos e pagamentos

Produto	Conteúdo mínimo	Prazo	Pagamento	Valor
P1	Plano de trabalho, nota metodológica, inventário de fontes, definição da janela temporal, premissas, matriz de dados e instrumento de <i>survey</i> adaptado.	Dia 20	20%	R\$ 8.000,00
P2	Base consolidada das entradas e estoques; fatores de conversão; classes de qualidade e incerteza; resultados preliminares de coleta formal/informal e geração potencial de ULAB.	Dia 45	30%	R\$ 12.000,00
P3	Modelo MFA/SFA reconciliado em STAN/R; saídas; <i>leakage e missing lead</i> ; análise de sensibilidade; benchmarking; scripts e arquivos reproduzíveis.	Dia 60	30%	R\$ 12.000,00
P4	Relatório técnico final; banco nacional de indicadores LAB/ULAB; ferramenta editável de atualização; sumário executivo; apresentação; memória de cálculo; workshop de validação e transferência.	Dia 90	20%	R\$ 8.000,00

O pagamento será realizado por produto entregue e aceito. Os percentuais representam o peso físico-financeiro do cronograma e totalizam 100% do valor contratado.

9. Especificações dos produtos finais

9.1 Relatório técnico

- Contexto nacional, marco regulatório e descrição da cadeia LAB/ULAB;
- metodologia, fronteiras, fontes, variáveis, premissas, fatores de conversão e limitações;
- entradas, estoques, geração potencial de ULAB, coleta, reciclagem, perdas, saídas e *missing lead*;
- incerteza, sensibilidade, benchmarking e qualidade dos dados;
- indicadores, conclusões e recomendações de política pública;
- apêndices com tabelas, instrumentos e memória metodológica.

9.2 Banco de dados e ferramenta de atualização

- Planilhas desbloqueadas e editáveis, com dados brutos, tratados e resultados;
- dicionário de dados com variável, definição, unidade, fonte, período, qualidade, incerteza e premissas;
- memória de cálculo e fatores de conversão;
- rotinas e scripts em R, arquivos do STAN e instruções de reprodução;
- painel ou planilha de indicadores que permita atualizar novos anos sem reconstruir o modelo.
- diagrama de Sankey ou representação equivalente dos fluxos.

9.3 Comunicação dos resultados

- Sumário executivo de até 15 páginas;
- apresentação editável de aproximadamente 20 a 30 slides;
- workshop virtual de validação e transferência de conhecimento, com duração mínima de duas horas;
- Arquivos gráficos em formato editável e alta resolução.

10. Formatos e idioma

Todos os produtos deverão ser entregues em português, em Word, Excel, PowerPoint e PDF, conforme aplicável. Bases e scripts deverão ser entregues em formatos abertos ou amplamente utilizados. A Contratante poderá solicitar resumo ou legendas em inglês para comunicação internacional, sem alteração substancial do escopo.

11. Prazo e condições de execução

O prazo total será de 90 (noventa) dias corridos. A Contratada deverá participar de reuniões de início, acompanhamento, validação e encerramento. Os ajustes solicitados pela Contratante deverão ser atendidos em até cinco dias úteis, desde que não impliquem ampliação material do escopo. As prorrogações dependerão de justificativa técnica e formalização.

12. Valor máximo e condições financeiras

O valor máximo é de R\$ 40.000,00 (Quarenta mil reais), incluídos tributos, encargos, licenças, deslocamentos, comunicações, pesquisa dirigida e demais despesas necessárias. Não serão aceitos custos adicionais sem autorização prévia e expressa. A proposta financeira deverá apresentar valor total e, opcionalmente, detalhamento por produto.

13. Perfil e qualificação técnica

13.1 Requisitos essenciais

- Formação superior em engenharia, ciências ambientais, química, geologia, economia ambiental, estatística ou área correlata;
- experiência comprovada em MFA/SFA, balanço de massa, análise de fluxo de materiais ou estudos quantitativos equivalentes;
- experiência com metais, baterias, resíduos perigosos, economia circular ou logística reversa;
- domínio de tratamento de dados, planilhas e programação estatística;
- capacidade de redação técnica em português e de entrega no prazo estabelecido.

13.2 Requisitos desejáveis

- Experiência com STAN e R, Monte Carlo e análise de incerteza;
- conhecimento da cadeia LAB/ULAB e da legislação brasileira de resíduos perigosos e logística reversa;
- experiência com dados aduaneiros, registros veiculares, energia e telecomunicações;
- experiência com surveys, entrevistas estruturadas e ODK;
- inglês técnico para leitura do Protocolo e referências internacionais.

14. Candidatura e documentos exigidos

As candidaturas deverão ser encaminhadas **até 05 de outubro de 2026**, para gilson.spanemberg@pureearth.org com o assunto “Candidatura - Balanço de Massa de Chumbo LAB/ULAB”.

- Carta de apresentação ou manifestação de interesse;
- proposta técnica de até 10 páginas, contendo compreensão do escopo, metodologia, cronograma, equipe e riscos, descrevendo explicitamente a estratégia de coleta de dados primários/campo, a abordagem de amostragem e validação, e indicando o impacto dessa abordagem no cronograma e no custo total da proposta;
- proposta financeira em reais (R\$), respeitado o teto de R\$ 40.000,00;
- currículo dos profissionais responsáveis e indicação do coordenador técnico;
- portfólio, atestados, publicações ou exemplos de trabalhos relacionados;
- declaração de disponibilidade para execução no prazo estabelecido;
- para pessoa jurídica, dados cadastrais e documentação legal que poderão ser solicitados na etapa de contratação.

Documentos incompletos, propostas acima do teto ou candidaturas recebidas após o prazo poderão ser desconsiderados.

15. Critérios de seleção

Critério	Evidência/forma de avaliação	Pontos
Experiência em MFA/SFA e balanço de massa	Projetos, atestados, publicações ou produtos relacionados, preferencialmente com metais ou baterias.	25
Domínio de STAN/R e análise de incerteza	Experiência demonstrada em modelagem, reconciliação, Monte Carlo ou ferramentas equivalentes.	15
Conhecimento da cadeia LAB/ULAB e resíduos perigosos	Experiência setorial, logística reversa, reciclagem formal/informal ou gestão ambiental.	15
Qualidade da proposta técnica	Aderência ao Protocolo, clareza, exequibilidade em 90 dias, estratégia de dados e controle de riscos.	15
Nota técnica máxima		70
Preço	NP = menor preço elegível / preço avaliado x 30.	30
Pontuação total		100

Recomenda-se nota técnica mínima de 42 pontos para habilitação. Em caso de empate, prevalecerá a maior pontuação em experiência em MFA/SFA; persistindo o empate, a maior pontuação na proposta técnica.

16. Critérios de aceitação dos produtos

- Aderência ao Protocolo da Pure Earth e ao escopo deste TdR;
- consistência interna do balanço e apresentação clara do erro de fechamento;
- documentação de fontes, premissas, fatores de conversão, qualidade e incerteza;
- reprodutibilidade integral mediante bases, memória de cálculo, scripts e arquivos de modelo;
- clareza, completude e utilidade dos indicadores e recomendações;
- entrega em formatos editáveis, sem bloqueios ou dependências não informadas;
- incorporação das correções solicitadas pela Contratante.

17. Obrigações da Contratada

- Executar os serviços com rigor técnico, ética, confidencialidade e observância dos prazos;
- manter comunicação regular com a Contratante e reportar riscos e lacunas de dados;
- obter consentimento informado em entrevistas e proteger informações pessoais e comerciais sensíveis;
- não divulgar resultados sem autorização;
- entregar todos os arquivos-fonte, bases, códigos e documentos produzidos.

18. Obrigações da Contratante

- Fornecer o Protocolo, documentos disponíveis e orientações técnicas;
- facilitar contatos institucionais e emitir cartas de apresentação quando cabível;
- designar responsável para acompanhamento e aceite;
- analisar os produtos nos prazos pactuados e consolidar comentários;
- efetuar os pagamentos após aceite.

19. Propriedade intelectual, confidencialidade e proteção de dados

Os produtos, bases tratadas, modelos, memórias de cálculo, scripts e materiais desenvolvidos serão de titularidade da Contratante, que poderá utilizá-los, publicá-los, adaptá-los e compartilhá-los para fins institucionais, com reconhecimento da autoria técnica quando aplicável. A Contratada deverá manter sigilo sobre informações sensíveis e observar a Lei nº 13.709/2018 (LGPD).

20. Conflito de interesses e integridade

A candidata ou o candidato deverá declarar eventuais relações profissionais, comerciais ou institucionais que possam configurar conflito de interesses com fabricantes, importadores, recicladores, associações ou órgãos envolvidos. A contratação estará sujeita às políticas de integridade, prevenção à fraude, assédio, exploração e abuso aplicáveis à Pure Earth.

21. Gestão, acompanhamento e comunicação

A execução será acompanhada por responsável designado pela Pure Earth Brasil. Reuniões e entregas serão registradas por e-mail institucional ou plataforma indicada. A aprovação técnica dos produtos poderá contar com contribuição de especialistas, do GTP-Chumbo e de instituições parceiras, sem alterar a responsabilidade da Contratada pela qualidade final.

22. Disposições finais

A apresentação de candidatura implica ciência e concordância com as condições desta chamada. A Pure Earth Brasil poderá solicitar esclarecimentos, negociar ajustes que não alterem o objeto, cancelar ou suspender o processo por razões institucionais ou orçamentárias, sem obrigação de contratação. Apenas a assinatura do instrumento contratual produzirá vínculo entre as partes.