

DIRETRIZES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIOS DE FONTES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Elaborado por:



Elaborado para:



Abril de 2019

Ficha técnica

Equipe técnica responsável:

Professor Bruno Furieri

Departamento de Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Espírito Santo

Engenheiro Ambiental e Doutor em Engenharia Ambiental

Professor Davidson Martins Moreira

SENAI – CIMATEC - BA

Físico, Mestre em Física e Doutor em Engenharia Mecânica

Dr Elson Silva Galvão

Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Espírito Santo

Engenheiro Ambiental, Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental

Professora Jane Meri Santos

Departamento de Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Espírito Santo

Engenheira Mecânica, Mestre em Engenharia Mecânica e PhD em Engenharia Química

Professor Neyval Costa Reis Júnior

Departamento de Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Espírito Santo

Engenheiro Mecânico, Mestre em Tecnologias Ambientais e PhD em Engenharia Química

Sumário

<u><i>Ficha técnica</i></u>	2
<u><i>1. Introdução</i></u>	4
1.1. <u>Organização do texto</u>	4
<u><i>2. Diretrizes básicas para a elaboração do inventário de emissões atmosféricas no Estado do Espírito Santo</i></u>	6
2.1. <u>Procedimentos de garantia de qualidade EIIP US-EPA</u>	6
2.1.1. <u>Categorização EIIP: requisitos básicos e uso pretendido</u>	7
<u><i>3. Escopo</i></u>	15
3.1. <u>Abrangência</u>	15
3.2. <u>Etapas elaboração do inventário</u>	16
3.3. <u>Métodos de estimativas de emissão</u>	17
3.4. <u>Gestão de dados e relatórios</u>	20
<u><i>4. Sumário das diretrizes principais</i></u>	22
<u><i>Referências</i></u>	26

1. Introdução

A poluição atmosférica, juntamente com o monitoramento e controle das emissões, vem sendo regulada pela legislação brasileira desde o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), estabelecido na resolução do CONAMA nº 005/89. O PRONAR iniciou a fixação de parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e material particulado. Basicamente, o PRONAR estabeleceu metas e instrumentos de ação em gestão ambiental para melhoria contínua da qualidade do ar. O PRONAR ainda estabeleceu, como uma das estratégias de ação da gestão de qualidade do ar, a elaboração dos Inventários de Emissões Atmosféricas (IEA).

No estado do Espírito Santo foi publicado em 2013 o Decreto 3463-R/13 que estabelece os padrões estaduais de qualidade do ar. O Decreto introduz o conceito de Metas Intermediárias (MI), que são estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando a melhoria gradativa da qualidade do ar, e Padrões Finais (PF), que representam os objetivos de longo prazo. Foram estabelecidas três MI que levam ao atendimento gradual do PF, fundamentados nas diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS). A melhoria da qualidade do ar obtida pelo avanço nas MI estabelecidas até os padrões finais de qualidade, depende da execução de ações planejadas e definidas no âmbito de planos estratégicos de qualidade do ar, tendo como um dos elementos norteadores a elaboração de Inventários de Emissões Atmosféricas (IEA).

Nesse contexto, o presente documento tem por objetivo determinar a abrangência e nortear os procedimentos e os critérios requeridos para a elaboração adequada de Inventários de Emissões Atmosféricas no Estado do Espírito Santo. A elaboração de Inventários de Emissões Atmosféricas deve se basear integralmente neste documento, de forma a permitir o conhecimento da real situação das emissões atmosféricas em determinada região.

1.1. Organização do texto

Este documento está dividido em quatro capítulos. Após esta introdução (Capítulo 1), são apresentadas, no Capítulo 2, as diretrizes para a elaboração de inventários de emissões atmosféricas, utilizando como base o Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program*, EIIP), da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA). O Capítulo 3 apresenta o escopo para elaboração de Inventários de Emissão Atmosféricas, incluindo requisitos mínimos necessários quanto aos poluentes inventariados, forma de estabelecimento de metodologia de elaboração do inventário,

fontes inventariadas e gerenciamento de dados e relatórios. No Capítulo 4 são sumarizados os requisitos básicos para elaboração de inventários.



2. Diretrizes básicas para a elaboração de Inventários de emissões atmosféricas no Estado do Espírito Santo

O Inventário de Emissões Atmosféricas (IEA) deverá ser elaborado por meio de uma análise integrada abrangendo as principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos localizadas na região em estudo. O IEA deverá apresentar a descrição detalhada da metodologia de coleta, tratamento e análise crítica dos dados.

As metodologias adotadas devem estar de acordo com as normas técnicas específicas e com práticas científicas consagradas e publicadas, explicitadas e justificadas nos capítulos correspondentes. Todas as bases de dados utilizadas para a realização de cálculos e estimativas deverão ser claramente especificadas e referenciadas, recomendando-se a utilização dos materiais e métodos mais recentes existentes.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) apresenta premissas e diretrizes para a confecção e melhoria de inventários como parte de seu Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program*, EIIP), cujas informações completas estão disponíveis em <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/air-emissions-inventory-improvement-program-eiip>. O EIIP foi criado em 1993 para promover o desenvolvimento e uso de procedimentos padronizados para coletar, calcular, armazenar, reportar e compartilhar dados de emissões de poluentes atmosféricos a fim de apoiar o desenvolvimento de inventários de emissões que possuem metas/objetivos de qualidade, efetividade de custos e dados confiáveis e acessíveis para os usuários finais. A elaboração de Inventários de Emissões Atmosféricas no Espírito Santo deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program*, EIIP) da US-EPA.

2.1. Procedimentos de garantia de qualidade EIIP US-EPA

De acordo com a US-EPA, a existência de um plano ou programa de Garantia de Qualidade (*Quality Assurance* - QA) na elaboração do inventário é essencial para o desenvolvimento de um inventário abrangente e de alta qualidade, aumentando a confiabilidade no inventário e nas políticas regulatórias e estratégias de controle produzidas a partir dele. Um plano de QA possui dois elementos básicos: (i) Controle de Qualidade e (ii) Análise Externa.

O Controle de Qualidade (CQ) é o conjunto de rotinas técnicas realizado pelo pessoal técnico envolvido na elaboração do inventário para medir e controlar a qualidade do produto em desenvolvimento. Os procedimentos de CQ são desenhados para:

- Fornecer uma rotina de avaliações de consistência e pontos de documentação durante o processo de desenvolvimento do inventário para verificar a integridade, correção e completude dos dados;
- Identificar e reduzir erros nos cálculos das emissões;
- Maximizar a consistência durante a preparação do inventário e sua documentação;
- Facilitar o processo de avaliação/revisão interna e externa do inventário.

As atividades de CQ incluem revisões técnicas, avaliação de precisão e o uso de formulações/procedimentos aprovados e padronizados para o cálculo das emissões. Essas atividades devem ser incluídas desde o planejamento do inventário, coleta de dados, análise, cálculos e elaboração dos relatórios.

O segundo elemento dos procedimentos de QA é a Análise Externa, que inclui o planejamento de um sistema de revisão e auditoria externa efetuada por pessoal não diretamente envolvido no processo de elaboração do inventário. O conceito principal, nesse caso, é uma revisão independente e objetiva por um terceiro para avaliar a efetividade do programa de CQ interno, a qualidade do inventário e reduzir ou eliminar desvios inerentes ao processo.

Segundo a US-EPA, além de atender os objetivos do CQ, um procedimento de revisão de QA adequado fornece um melhor indicador de qualidade geral do inventário, precisão, completude, representatividade e compatibilidade dos dados coletados.

2.1.1. Categorização EIIP: requisitos básicos e uso pretendido

O EIIP da US-EPA divide os inventários em quatro grandes categorias gerais, com base no uso pretendido para as informações apresentadas, cada categoria emprega diferentes procedimentos de execução, Garantia de Qualidade (QA) e requisitos de documentação.

Os requisitos de documentação são bastante diferentes conforme a aplicação. O EIIP traz alguns exemplos do nível de detalhamento requerido com base na aplicação pretendida. Por exemplo, o nível de detalhamento da documentação de um inventário de emissões para identificação de problemas de qualidade do ar local ou estimativas regionais de emissão é significativamente menor que o nível de detalhamento requerido para uso em modelos de dispersão de poluentes e qualidade do ar que requerem dados específicos para cada fonte, com detalhamento nas variações

espaciais e temporais. Inventários de emissões para definição de limites de emissão, políticas públicas ou para demonstrar atendimento de padrões requerem níveis de documentação ainda mais significativos. Esses dados podem ser até usados para resolver disputas judiciais e, portanto, devem incluir maior detalhamento e atender maiores exigências de incerteza e auditoria.

A Tabela 1 apresenta a classificação de inventários usada pelo EIIP e mostra que dependendo do uso pretendido para o inventário, há diferentes exigências de níveis de documentação, plano de QA e análise de incerteza são especificados. Inventários de Nível IV são compilados, principalmente, a partir de dados já existentes, requerem pouca documentação e os planos de QA são menos exigentes. Nesse caso, de acordo com a documentação EIIP, a coordenação de QA não precisa ser independente da equipe de elaboração do inventário. Todos os cálculos envolvidos devem ser documentados e deve existir um documento com o plano de trabalho formalizado, porém não é estritamente necessária a formalização de QA.

Inventários Nível III são mais refinados do que inventários Nível IV porque incluem alguns dados locais específicos e algum tipo de levantamento local de dados. Assim o processo de elaboração é mais complexo e processos de QA e documentação devem ser mais detalhados. Entretanto, como inventários Nível III não são utilizados em formulação de políticas ou processo decisório, ainda é permitida alguma flexibilidade. Nesse caso, o plano de QA deve ser formalizado, DQOs devem ser estabelecidos e todos os processos de aquisição e tratamento de dados, bem como, cálculos devem ser formalmente documentados.

Para inventários Nível I ou Nível II, os requisitos mínimos para os planos de QA são similares, porém é requerido menor nível de detalhamento para inventários Nível II. Planos Estaduais de gestão da Qualidade do Ar são um bom exemplo de uso para inventário Nível II, em que o inventário subsidia o processo de decisão e elaboração de estratégias de gestão, mas não requer o mesmo nível de exigência aplicado a inventários do Nível I, que podem ser usados para fins legais.

Os Inventários de Emissões Atmosféricas elaborados para atendimento às demandas do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema) devem conter as informações de emissão necessárias para três usos primários:

- Avaliação de problemas de qualidade do ar em regiões e identificação das fontes de emissão;
- Entrada para modelos de qualidade do ar (dados médios anuais);
- Subsídio para desenvolvimento de ações regulatórias associadas à gestão pública e elaboração de políticas públicas.

Tabela 1. Definição dos níveis de inventários baseados no EIIP. Fonte: Adaptado de US-EPA (1997a).

Nível	Uso do Inventário	Requerimentos básicos	Exemplo
I	Dados normalmente ligados a requerimentos legais ou regulatórios	Requer que os resultados tenham o maior grau de exigência, sendo legalmente defensável. Geralmente requer medições em fontes ou balanço de massa baseados em sites específicos, avaliação de performance de equipamentos e métodos tradicionais de QA para amostragem de fontes devem ser aplicados.	Monitoramento para atendimento de condicionantes legais ou ajuste de conduta.
II	Dados para apoiar o processo de decisão de gestão ou estabelecimento de padrões	Dados locais específicos (ou regionais) são requeridos, mas não necessariamente envolvem medições diretas de fontes ou auditorias sobre performance de equipamentos.	Inventários estaduais de emissão para definição de políticas públicas ou estratégias.
III	Dados usados para o desenvolvimento de avaliações gerais ou pesquisa, que não serão usados diretamente para apoiar o processo de decisão ou fins regulatórios	Não necessariamente envolvem medições diretas de fontes, mas muitas vezes incluem dados locais específicos. Métodos de QA são flexibilizados.	Avaliação de efetividade de processos de controle, medidas mitigatórias ou estudos piloto.
IV	Inventários compilados a partir de dados já publicados ou outros inventários, não há novas coletas de dados	Flexível e variável.	Inventários desenvolvidos para propósito de coleta de informações, levantamento de tendências e estudo de exequibilidade, tais como inventários regionais de emissão de gases de efeito estufa ou COVs.

Os inventários desenvolvidos devem atender as normas e diretrizes internacionais para garantir os níveis de qualidade requeridos, conforme uso pretendido, e permitir sua comparação com

outros Inventários produzidos para outras regiões do Estado. Desta forma, a elaboração de Inventários de Emissões Atmosféricas deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program, EIIP*) da US-EPA.

O Capítulo 3 do Volume 6 do EIIP apresenta diversos métodos para QA, porém estabelece como atividades mínimas para cada nível pretendido os seguintes métodos:

- Verificação de realidade: Responder à pergunta “Isso faz sentido?”. Tem o objetivo de verificar se os resultados obtidos não são fortemente improváveis ou estão se eles dentro de limites considerados razoáveis
- Revisão por pares externos: Revisão independente dos cálculos, hipóteses, metodologias e/ou documentação por um especialista no campo de estudo. É normalmente efetuada por meio da leitura e revisão dos relatórios e documentação do inventário.
- Verificação de cálculo por amostragem: Verificação dos valores obtidos manualmente ou por meio de planilhas eletrônicas para algumas fontes ou conjunto de fontes do inventário.
- Análise de sensibilidade: Analisar como os resultados respondem a mudanças nos parâmetros de entrada dos modelos ou inventário.
- Auditoria externa: Avaliação sistemática das etapas mais importantes do inventário por um auditor externo, com o objetivo de garantir a precisão dos dados do inventário.

A Tabela 2 apresenta os métodos mínimos de recomendados de QA para cada nível de inventário pelo EIIP da US-EPA.

Tabela 2. Métodos mínimos de recomendados de atividades de QA para cada nível de inventário.

Fonte: Adaptado de US-EPA (1997b).

Método	Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV
Verificação de realidade	✓	✓	✓	✓
Revisão por pares externos	✓	✓	✓	✓
Verificação de cálculo por amostragem	✓	✓	✓	
Análise de sensibilidade	✓	✓*		
Auditoria independente	✓	✓*		

* Nível II pode incluir menos auditorias e/ou diferentes testes de sensibilidade do que o Nível I.

Cada método possui uma função específica, porém métodos diferentes podem ser combinados para cobrir um número maior de funções. Métodos mais complexos tendem a cobrir um maior número de funções, porém envolvem um número maior de horas trabalhadas para realização. A Tabela 3 apresenta os métodos mínimos recomendados de atividades de QA para cada nível de inventário pelo EIIP e suas funções básicas.

Além do diferente tratamento dado à documentação e procedimentos de QA, os inventários de diferentes níveis requerem maior ou menor refinamento quanto ao tratamento dado às incertezas dos resultados e Indicadores de Qualidade dos Dados (DQIs).

Conforme discutido anteriormente, a qualidade dos dados do inventário é função do uso pretendido. Por exemplo, na preparação de um inventário Nível IV deve-se planejar cálculos de emissão de maneira a aceitar níveis de incerteza maiores do que em inventários Nível I, que devem possuir a melhor qualidade de resultados possível. Entretanto, é importante destacar que nem sempre é possível obter o nível de qualidade desejado. Em alguns casos, o estado-da-arte do conhecimento científico pode não ser suficiente para obter o nível de detalhamento desejado ou em outros casos problemas não antecipados podem atrapalhar a precisão pretendida (por exemplo, disponibilidade de dados, baixo índice de resposta de questionários com pedidos de informação ou outros).

Segundo o EIIP da US-EPA, quando se discute qualidade dos resultados de um inventário, muitas vezes se utiliza a “incerteza” como indicador de qualidade. Tal conceito é muitas vezes associado ao termo “confiança”, que está relacionado à percepção de que o resultado de um modelo ou medição representa adequadamente figuras reais de emissão de uma fonte. Por exemplo, as emissões de uma caldeira determinadas por meio de Monitoramento Contínuo (CEM) são consideradas mais confiáveis que emissões calculadas com base em fatores de emissão AP-42.

O EIIP descreve o termo incerteza como representado por dois tipos de erro nas estimativas de emissão: (i) desvios e (ii) imprecisão. Desvios são normalmente representados como diferenças persistentes entre os valores calculados e os valores reais medidos, sendo normalmente associados a erros nos modelos de estimativa, parâmetros de entrada nos cálculos ou ainda falhas de medição. Nesse caso, é possível superestimar ou subestimar os valores médios de emissão. Por outro lado, erro de imprecisão é uma diferença randômica que acontece devido à variabilidade (flutuações) de uma mesma fonte ou de uma fonte em relação à outra de um mesmo grupo, por exemplo, um mesmo processo pode apresentar grande variabilidade em sua taxa de emissão ao longo do tempo, gerando valores de emissão instantâneos muito maiores que valores médios de emissão. Dessa

forma, é possível identificar três grupos principais de fontes de incerteza em inventários/estimativas de emissões: (i) variabilidade (temporal e entre fontes de uma mesma categoria), (ii) incerteza nos valores dos parâmetros de entrada dos modelos e (iii) incerteza nos modelos ou medições.

Tabela 3. Métodos mínimos de recomendados de atividades de QA para cada nível de inventário e suas funções básicas. Fonte: Adaptado de US-EPA (1997b).

Método	Avaliação de razoabilidade dos dados	Avaliação de validade das hipóteses e métodos	Avaliação de correção matemática	Avaliação de qualidade e precisão
Verificação de realidade	✓			
Revisão por pares externos	✓	✓		
Verificação de cálculo por amostragem			✓	
Análise de sensibilidade	✓	✓	✓	
Auditoria independente	✓	✓	✓	✓

Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os métodos preferidos e alternativos recomendados pelo EIIP para qualificar os dados de um inventário de emissões. É importante notar que existem três elementos necessários (avaliação qualitativa, *ranking* e incerteza quantitativa), porém os métodos são diferentes para cada nível de inventário. Adicionalmente, o EIIP informa que os inventários não devem estar restritos apenas aos métodos indicados nessa tabela, mas outros métodos podem ser aplicados/desenvolvidos para situações específicas. Os métodos indicados são considerados como mínimos recomendados pelo EIIP.

O EIIP recomenda o uso de métodos de classificação (*ranking*). O método preferido pelo EIIP consiste num sistema de atribuição de notas entre 0 e 1 denominado *Data Attribute Rating System* (DARS). O DARS (US-EPA, 1996b) lida com quatro fontes principais de erro nos fatores de emissão e nos dados de entrada. Valores numéricos são atribuídos aos dados utilizados para calcular as taxas de emissão, por exemplo, valores medidos possuem DARS maiores que valores baseados em estimativas ou na literatura.

Tabela 4. Métodos preferidos e alternativos recomendados pelo EIIP para qualificar os dados de um inventário de emissões. Fonte: Adaptado de US-EPA (1996a).

	Avaliação qualitativa	Ranking	Incerteza quantitativa
Preferido (Nível I)			Quantificar a faixa de variação das estimativas como um nível de confiança de 90% para todas as fontes.
Alternativo (Nível I ou II)	Fornecer uma avaliação qualitativa da incerteza, abordando o viés e a imprecisão dos principais elementos de dados; indicando a direção do viés e a magnitude relativa da imprecisão sempre que possível. Fornecer quaisquer medidas estatísticas de dispersão de dados que estejam disponíveis.	Para cada fonte dentro do grupo que contribui para os 90% das emissões, fornece uma classificação relativa subjetiva da qualidade da estimativa (DARS).	Quantificar a faixa de variação das estimativas como um nível de confiança de 90% para as 10 principais fontes em cada categoria: fontes pontuais, fontes de área, fontes móveis em vias, fontes móveis fora de vias e fontes biogênicas.
Outro método (Nível III)		Classifique as fontes do maior ao menor; fornecer um ranking relativo subjetivo para o maior número possível (DARS).	-
Outro método (Nível IV)		-	-

Conforme citado anteriormente, a elaboração de Inventários de Emissões Atmosféricas no Estado do Espírito Santo deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de

Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program, EIIP*) da US-EPA. Ou seja, a elaboração dos inventários deve considerar:

1. Pelo menos dois atores devem participar da realização do inventário: (i) Um executor, responsável pela elaboração do inventário e (ii) outro responsável pela revisão e auditoria independente.
2. Incluir os procedimentos de QA e QC previstos para um Inventário EIIP Nível II, incluindo um sistema de revisão e auditoria externa efetuada por pessoal não diretamente envolvido no processo de elaboração do inventário.
3. Para cada fonte dentro do grupo que contribui para os 90% das emissões, fornecer uma classificação relativa subjetiva da qualidade da estimativa (DARS).
4. Quantificar a faixa de variação das estimativas como um nível de confiança de 90% para no mínimo as 10 principais fontes em cada categoria: fontes pontuais, fontes de área, fontes móveis em vias, fontes móveis fora de vias e demais categorias inventariadas.
5. Fornecer uma avaliação qualitativa da incerteza, abordando o viés e a imprecisão dos principais elementos de dados; indicando a direção do viés e a magnitude relativa da imprecisão sempre que possível. Fornecer quaisquer medidas estatísticas de dispersão de dados que estejam disponíveis

3. Escopo

Neste capítulo é definido o escopo pretendido para elaboração do inventário, incluindo requisitos mínimos necessários quanto aos poluentes inventariados, forma de estabelecimento de metodologia de elaboração do inventário, fontes inventariadas e gerenciamento de dados e relatórios.

3.1. Abrangência

A abrangência geográfica do Inventário deverá ser fixada em acordo com o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema), levando em consideração o uso e ocupação do solo e a utilização da bacia atmosférica na região a ser estudada. Os poluentes atmosféricos considerados no inventário deverão incluir, no mínimo: material particulado total (MP), material particulado menor que 10 μm (MP_{10}), material particulado menor que 2,5 μm ($\text{MP}_{2.5}$), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (COV).

O ano base de realização do inventário deve ser o ano anterior ao ano de contratação dos responsáveis pela elaboração do inventário. Entretanto recomenda-se que o seja analisado se o ano em questão possui algum evento atípico ou fora da normalidade nas fontes inventariadas, de maneira que o inventário represente, da melhor maneira possível, uma condição típica da região e não apenas o momento específico que foi usado como base do inventário. Neste quesito, recomenda-se que sejam consideradas as condições normais de operação, e que paradas de plantas industriais, realização de obras ou outros eventos similares sejam inventariados e indicados como eventos fora das condições normais de operação. Recomenda-se que o Iema seja previamente consultado para deliberação quando ao ano base a ser utilizado.

De maneira a garantir que o(s) inventário(s) de emissões realizados no Estado do Espírito Santo sejam compatíveis com inventário(s) de emissões já realizados, especialmente com o vigente para a Região da Grande Vitória, o(s) inventário(s) deverão considerar as categorias de fontes, a saber:

- Processos industriais;
- Obras de construção civil;
- Portos e aeroportos
- Residenciais e comerciais;
- Aterros de resíduos;
- Distribuidoras e envasadoras de GLP;

- Postos de vendas e armazenamento de combustíveis;
- Vias de tráfego de veículos (ressuspensão, escapamento, evaporativas, desgaste de vias, freios e pneus).
- Estações de tratamento de efluentes.

Além destas categorias, deverá ser avaliado a existência de fontes de emissões atmosféricas específicas, como por exemplo, secadores de café em regiões rurais, o beneficiamento de rochas ou indústrias têxteis e moveleiras, entre outras. Para ser representativo o Inventário deve contemplar, no mínimo, 95% das emissões antropogênicas na região a ser inventariada. Fontes identificadas de baixa relevância poderão ser excluídas mediante a justificativa adequada e devidamente aprovada pelo Iema.

O Iema garantirá, para as atividades sob sua competência de atuação, que o(s) executor(es) dos Inventários tenham acesso aos dados necessários para a execução do inventário, conforme legislação de acesso a informação vigente.

3.2. Etapas elaboração do inventário

A elaboração do inventário deve ocorrer em seis etapas:

1. Apresentação ao Iema, pelos responsáveis pela execução do inventário e auditoria externa, dos planos de execução do trabalho. O responsável pela execução do inventário deverá apresentar os planos de QA/QC e o plano detalhado de execução do inventário. O responsável pela auditoria independente deverá apresentar seu plano de atuação e checagem de conformidade de QA/QC do inventário em execução e da atuação do responsável pela elaboração.
2. Seleção das fontes emissoras a serem inventariadas.
3. Levantamento de dados das fontes a serem inventariadas.
4. Seleção das metodologias para o cálculo das emissões de poluentes atmosféricos.
5. Quantificação das taxas de emissões de poluentes atmosféricos.
6. Elaboração e entrega do relatório final.

Cada uma das etapas previstas acima deve ser acompanhada pelo Iema e pelo responsável pela Auditoria Externa, sendo sua conclusão devidamente aprovada pelo IEMA e responsável pela Auditoria Externa. Para cada uma das etapas descritas acima o responsável pela Auditoria Externa deverá apresentar um relatório com a avaliação técnica da execução da etapa, e uma análise crítica sobre o cumprimento dos procedimentos previstos pelo EIIP da US-EPA. Os documentos referentes a cada uma das etapas acima deverão ser entregues antecipadamente pelo responsável

pela execução do inventário ao responsável pela Auditoria Externa, que deverá elaborar o relatório com a avaliação técnica da execução da etapa, para análise prévia do Iema. Com base nos relatórios da Auditoria Externa ou justificativa embasada em manifestação técnica, o Iema poderá solicitar revisões aos produtos elaborados. Deverão ser agendadas reuniões entre as partes para discussão técnica de cada etapa até a conclusão do Inventário. A não aprovação de uma das etapas por parte do Iema ou pela Auditoria Externa implica na não aceitação do Inventário de fontes desenvolvido.

Os planos de QA/QC, previstos na etapa 1, deverão incluir os mecanismos de controle de qualidade, interação com o responsável pela auditoria externa, e de conformidade com as diretrizes definidas pelo EIIP da US-EPA.

O plano detalhado de execução do inventário, previsto na etapa 1, deverá incluir uma descrição das etapas de elaboração do inventário com a indicação de cronograma detalhado de trabalho, detalhamento da formatação de entrega dos resultados e documentação, metodologia de estimativas das incertezas e classificação DARS, bem como as diretrizes primárias para os procedimentos de escolha das fontes inventariadas e metodologias de estimativa de emissão.

O plano de atuação e checagem de conformidade de QA/QC elaborado pelo responsável pela auditoria externa, previsto na etapa 1, deve incluir detalhamento da metodologia de análise de conformidade com as diretrizes definidas pelo EIIP da US-EPA e dos procedimentos de verificação de realidade, revisão por pares externos, verificação de cálculo por amostragem, análise de sensibilidade e auditoria. Tal plano deverá incluir, explicitamente, os procedimentos de checagem de conformidade de QA/QC para cada uma das etapas previstas na elaboração do inventário, desde a confecção do plano de execução até a entrega do relatório final.

As etapas 3 e 4 devem ser realizadas de forma acoplada e recursiva, visto que a disponibilidade de dados necessários para a realização dos cálculos do inventário é um dos critérios de seleção da metodologia para cálculo da taxa de emissão. Da mesma forma, a seleção de uma metodologia específica ou definição de requisitos mínimos de incerteza pretendidos podem levar a necessidade de levantamento de dados adicionais.

3.3. Métodos de estimativas de emissão

O inventário de fontes deve seguir uma metodologia aceita pela comunidade acadêmica/científica e aos órgãos responsáveis pelo controle de emissões, sendo as metodologias mais conhecidas e

usadas as do órgão ambiental norte-americano (ver USEPA, 2005) e europeu (ver EMEP/EEA, 2013). Neste contexto, é bem estabelecido que um inventário de fontes deve ser:

- a. Comparável (para outros anos e com outros inventários);
- b. Consistente (homogeneidade no tratamento);
- c. Transparente (deve permitir em si a verificação).

Neste contexto, a diretriz básica para a elaboração do Inventário de Fontes de Emissões Atmosféricas do Estado do Espírito Santo é usar as melhores informações disponíveis para a estimativa das emissões, com base nas limitações existentes. Dessa forma, sempre que dados de monitoramento estiverem disponíveis, sua utilização será considerada prioritária. Quando dados de monitoramento não existirem, buscar-se-á utilizar os modelos de estimativas de emissões empregados no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015 (ECOSOFT, 2019). A utilização das metodologias previstas no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015 (ECOSOFT, 2019) tem o objetivo de garantir que o inventário de emissões para o Estado do ES seja compatível e consistente com o inventário de emissões realizado para a Região da Grande Vitória (metodologias descritas no Apêndice A do Inventário). Além disso, as metodologias previstas no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015 foram validadas pelo IEMA e pela Auditoria Externa, atendendo aos requisitos de QA e QC previstos pelo EIIP da US-EPA.

Quando a tipologia de fonte a ser inventariada não estiver listada entre as metodologias empregadas no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015, buscar-se-á utilizar modelos de estimativa de emissão notadamente reconhecidos internacionalmente e validados, preferencialmente os da AP-42 da US-EPA, para manter a consistência entre as diversas tipologias de fonte e empreendimento localizados na região. Para os casos em que os fatores de emissão do AP-42 não estejam disponíveis para utilização, devem ser buscadas abordagens alternativas mantendo-se o maior nível possível de confiabilidade nas estimativas.

Todas as escolhas de metodologias empregadas para as estimativas de emissão devem ser previamente aprovadas pelo IEMA e Auditoria Externa.

A seleção dos métodos empregados para as estimativas de emissão deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (*Air Emissions Inventory Improvement Program*, EIIP) da US-EPA - disponível em <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/air-emissions-inventory-improvement-program-eiip>.

Desta forma, é definida a seguinte lista de prioridades para a escolha de metodologias para a elaboração do Inventário de Fontes de Emissões Atmosféricas do Estado do Espírito Santo:

1. Sistema de monitoramento contínuo de emissões.
2. Monitoramento por amostragem (ex. amostragens isocinéticas periódicas).
3. Metodologias de estimativa de emissão descritas no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015 (ECOSOFT, 2019),
4. Fatores de emissão específicos determinados para o processo a ser inventariado, desenvolvidos com base em medições.
5. Modelos de estimativa de emissão notadamente reconhecidos internacionalmente e validados, preferencialmente AP-42 da US-EPA.
6. Balanço de massa
7. Dados de projeto
8. *Expert judgement* (avaliação de engenharia)

No caso da utilização de fatores de emissão específicos para o processo, uma análise técnica dos relatórios referentes ao desenvolvimento de tais fatores deve ser efetuada, e sua utilização aprovada pelo IEMA e auditoria externa com parecer circunstanciado.

No caso de utilização de modelos de estimativa de emissão baseados em fatores de emissão serão preferivelmente empregados aqueles baseados nas formulações AP-42 da US-EPA. Excepcionalmente, para os casos em que os fatores de emissão do AP-42 não estejam disponíveis para utilização, devem ser buscadas abordagens alternativas mantendo-se o maior nível possível de confiabilidade nas estimativas.

O uso de técnicas de balanço de massa deve ser analisado caso a caso, visto que em algumas situações balanços de massa realizados com nível adequado de precisão podem construir estimativas de emissão superiores aos Fatores de Emissão AP-42, principalmente nos casos de fator de emissão de menor confiabilidade, segundo a EIIP. Desta forma, sempre que as informações necessárias estiverem disponíveis o uso de balanço de massa deve ser considerado e avaliado quanto a sua precisão. O valor DARS deve ser usado como critério prioritário para a escolha de metodologia de estimativa de emissão de fontes, priorizando-se as os métodos com maior valor DARS.

Na utilização de fatores de emissão ajustados com o índice de eficiência do equipamento de controle da poluição do ar (ECPAr) declarado pelas empresas inventariadas, os respectivos índices devem ser tecnicamente avaliados para melhor refletir a situação corrente de operação.

Neste contexto, os valores de eficiência de ECPAr informados pelas empresas poluidoras devem ser comprovados por relatórios técnicos aprovados pela Auditoria Externa e IEMA, com base na avaliação técnica sobre a precisão, transparência, confiabilidade e completude das informações fornecidas. Caso os dados de eficiência de ECPAr não estejam disponíveis, os valores de eficiência assumidos devem ser baseados em dados de literatura, passando pela aprovação Auditoria Externa e IEMA. Neste caso as incertezas associadas a estas estimativas devem ser, obrigatoriamente, levantadas.

Analogamente, os parâmetros de entrada dos modelos de estimativa de emissões devem ter sua incerteza estimada sempre que houver elevada variabilidade temporal ou dúvidas sobre a precisão, transparência, confiabilidade e completude das informações fornecidas. Por exemplo, taxas de emissão de vias devem ser, preferencialmente, medidas utilizando técnicas internacionalmente aceitas. Alternativamente, modelos de estimativa de emissão baseados em fatores de emissão AP-42 da US-EPA podem ser utilizados. Neste caso, é importante garantir que sejam efetuadas medições de fluxo de veículos e teores de *silt* nas vias inventariadas em número suficiente para permitir que os valores obtidos representem as condições das vias inventariadas e mantenham as incertezas de medição em níveis considerados aceitáveis pela Auditoria Externa e IEMA, considerando os recursos disponíveis. Os parâmetros de entrada dos modelos de estimativa de emissão devem ser devidamente justificados e suas incertezas quantificadas, de maneira a permitir a avaliação de seu impacto sobre o resultado final. O valor calculado para este quesito deve, obrigatoriamente, ter sua incerteza indicada no relatório.

3.4. Gestão de dados e relatórios

O inventário apresentado deverá conter documentação detalhada dos procedimentos de confecção das estimativas, incluindo os memoriais de cálculo para as estimativas de emissão de cada fonte inventariada. É importante enfatizar que para garantir a transparência dos dados gerados durante a elaboração do inventário, toda a metodologia utilizada na quantificação de emissões, medições experimentais e em campo e análises e discussões dos resultados do IEA deverá ser descrita no relatório e detalhada em anexos e apêndices, incluindo não apenas os procedimentos e as formulações empregados, mas também os parâmetros de entrada utilizados e como estes foram obtidos. No caso de dados de monitoramento de emissões, os dados devem ser disponibilizados em formato eletrônico.

O inventário de emissões deverá ser apresentado no formato de planilhas eletrônicas incluindo pelo menos: descrição da fonte de emissão, localização geográfica, taxa de emissão dos poluentes,

Source Classification Codes (SCC) conforme US-EPA¹ e demais informações necessárias para caracterizar as emissões, tais como velocidade, altura e diâmetro de emissão para chaminés, dimensões da região de emissão para fontes de área ou volume, incluindo altura e pontos geográficos necessários para caracterizar a região de emissão. Conforme citado anteriormente, o inventário deverá ser capaz de prover informações necessárias de entrada para modelos de qualidade do ar (dados médios anuais) e o subsídio para atividades regulatórias associadas à gestão pública e elaboração de políticas públicas.

Para o caso de estimativa de emissões em vias, devem ser incluídos os perfis médios de variação horária de emissão, baseados na variação horária do fluxo de veículos.

Os memoriais de cálculo para emissão também deverão ser apresentados em planilhas eletrônicas para permitir a verificação dos cálculos efetuados. Tais planilhas devem conter notas explicativas para permitir seu entendimento, transparência nos cálculos e escolha de parâmetros, checagem das formulações e auditoria. Os relatórios técnicos ou demais fontes de dados devem estar disponíveis para acesso por parte do IEMA e empresa de auditoria externa.

Com o objetivo de delinear ações para melhorias futuras do inventário confeccionado o relatório final deve incluir o valor total das emissões, para cada poluente, em intervalos de faixas do DARS a cada 0,1 de 0,0 a 1,0. Futuras versões do inventário devem buscar maiores percentuais nas faixas com valores superiores de DARS, ou seja, mais próximo de 1,0.

Deverão ser apresentadas, graficamente e em tabelas, as taxas de emissão em valores absolutos e percentuais por grupos de fonte e setores de atividade para cada poluente. Deverão ser apresentados mapas georeferenciados com a localização das fontes de emissão inventariadas.

¹ <https://ofmpub.epa.gov/sccwebservices/sccsearch/docs/SCC-IntroToSCCs.pdf>

4. Sumário das diretrizes principais

Este capítulo apresenta uma versão resumida das diretrizes e recomendações apresentadas nos capítulos anteriores:

1. A elaboração do Inventário Estadual de Emissões Atmosféricas no Estado do Espírito Santo deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (Air Emissions Inventory Improvement Program, EIIP) da US-EPA. Ou seja, a elaboração do presente inventário deve considerar:
 - 1.1. Pelo menos duas empresas devem ser contratadas para a realização do inventário: (i) a empresa executora, responsável pela elaboração do inventário e (ii) a empresa responsável pela revisão e auditoria externa.
 - 1.2. Incluir os procedimentos de QA e QC previstos para um Inventário EIIP Nível II, incluindo um sistema de revisão e auditoria externa efetuada por pessoal não diretamente envolvido no processo de elaboração do inventário.
 - 1.3. Para cada fonte dentro do grupo que contribui para os 90% das emissões, fornecer uma classificação relativa subjetiva da qualidade da estimativa (DARS).
 - 1.4. Quantificar a faixa de variação das estimativas como um nível de confiança de 90% para no mínimo as 10 principais fontes em cada categoria: fontes pontuais, fontes de área, fontes móveis em vias, fontes móveis fora de vias e demais categorias inventariadas.
 - 1.5. Fornecer uma avaliação qualitativa da incerteza, abordando o viés e a imprecisão dos principais elementos de dados; indicando a direção do viés e a magnitude relativa da imprecisão sempre que possível. Fornecer quaisquer medidas estatísticas de dispersão de dados que estejam disponíveis
2. A abrangência geográfica do inventário deve incluir todo Estado do Espírito Santo, exceto a Região da Grande Vitória, que teve seu inventário divulgado em 2019, incluindo espacialmente os municípios de Cariacica, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória (Ecosoft, 2019).
3. Os poluentes atmosféricos considerados no inventário deverão incluir, no mínimo: material particulado total (MP), material particulado menor que 10 µm (MP10), material particulado menor que 2,5 µm (MP2.5), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (COV).
4. O ano base de realização do inventário deve ser o ano anterior ao ano da contratação da empresa(s) elaboradora(s) do inventário. Entretanto recomenda-se que seja analisado se o ano em questão possui algum evento atípico ou fora da normalidade nas fontes inventariadas, de maneira que o inventário represente, da melhor maneira possível, uma condição típica da região e não apenas o momento específico que foi usado como base do inventário.

5. De maneira a garantir que o inventário de emissões para o Estado do ES seja compatível com o inventário de emissões realizado para a Região da Grande Vitória, o inventário em questão deve incluir pelo menos as categorias de fontes inventariadas para a RGV (ECOSOFT, 2019). Além destas categorias, cada microrregião do ES deve ser analisada separadamente quanto à existência de fontes de emissões atmosféricas específicas.
6. As fontes de emissão incluídas no inventário devem ser responsáveis por no mínimo 95% das emissões antropogênicas de cada microrregião inventariada. Fontes identificadas de baixa relevância poderão ser excluídas mediante a justificativa adequada e devidamente aprovada pelo IEMA e Auditoria Externa.
7. Cada uma das etapas de execução previstas deve ser acompanhada pelo IEMA e Auditoria Externa e sua conclusão devidamente aprovada pelo IEMA e Auditoria Externa. Para cada uma destas etapas a Auditoria Externa deverá apresentar um relatório com a avaliação técnica da execução da etapa, e uma análise crítica sobre o cumprimento dos procedimentos previsto pelo EIIP da US-EPA.
8. Os planos de QA/QC, previstos no Capítulo 3, deverão incluir os mecanismos de controle de qualidade, interação com a empresa de auditoria externa, conformidade às diretrizes definidas pelo EIIP da US-EPA.
9. O plano detalhado de execução do inventário, previsto no Capítulo 3, deverá incluir uma descrição das etapas de elaboração do inventário com a indicação de cronograma detalhado de trabalho, detalhamento da formatação de entrega dos resultados e documentação, metodologia de estimativas das incertezas e classificação DARS, bem como as diretrizes primárias para os procedimentos de escolha das fontes inventariadas e metodologias de estimativa de emissão.
10. O plano de atuação e checagem de conformidade de QA/QC elaborado pela empresa de auditoria externa, previsto no Capítulo 3, deve incluir detalhamento da metodologia de análise de conformidade com as diretrizes definidas pelo EIIP da US-EPA e dos procedimentos de verificação de realidade, revisão por pares externos, verificação de cálculo por amostragem, análise de sensibilidade e auditoria.
11. A diretriz básica para a escolha de metodologias para a elaboração do Inventário de Fontes de Emissões Atmosféricas do Estado do Espírito Santo é usar as melhores informações disponíveis para a estimativa das emissões, com base nas limitações existentes. Dessa forma, sempre que dados de monitoramento estiverem disponíveis, sua utilização será considerada prioritária. Quando dados de monitoramento não existirem, buscar-se-á utilizar os modelos de estimativas de emissões empregados no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015 (ECOSOFT, 2019).

12. Quando a tipologia de fonte a ser inventariada não estiver listada entre as metodologias empregadas no Inventário de Emissões Atmosféricas da RGV - Ano Base 2015, buscar-se-á utilizar modelos de estimativa de emissão notadamente reconhecidos internacionalmente e validados, preferencialmente os da AP-42 da US-EPA, para manter a consistência entre as diversas tipologias de fonte e empreendimento localizados na região. Para os casos em que os fatores de emissão do AP-42 não estejam disponíveis para utilização, devem ser buscadas abordagens alternativas mantendo-se o maior nível possível de confiabilidade nas estimativas.
13. Todas as escolhas de metodologias empregadas para as estimativas de emissão devem ser previamente aprovadas pelo IEMA e Auditoria Externa.
14. A seleção dos métodos empregados para as estimativas de emissão deve estar baseada nos conceitos previstos pelo Programa de Melhoria de Inventários de Poluentes Atmosféricos (Air Emissions Inventory Improvement Program, EIIP) da US-EPA - disponível em <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/air-emissions-inventory-improvement-program-eiip>.
15. O inventário apresentado deverá conter documentação detalhada dos procedimentos de confecção das estimativas, incluindo os memoriais de cálculo para as estimativas de emissão de cada fonte inventariada. Toda a metodologia utilizada na quantificação de emissões, medições experimentais e em campo e análise e discussões dos resultados do IEA deverá ser descrita no relatório e detalhada em anexos e apêndices, incluindo não apenas os procedimentos e as formulações empregados, mas também os parâmetros de entrada utilizados e como estes foram obtidos.
16. O inventário de emissões deverá ser apresentado no formato de planilhas eletrônicas incluindo pelo menos: descrição da fonte de emissão, localização geográfica, taxa de emissão dos poluentes, *Source Classification Codes* (SCC) conforme US-EPA e demais informações necessárias para caracterizar as emissões, tais como velocidade, altura e diâmetro de emissão para chaminés, dimensões da região de emissão para fonte de área ou volume, incluindo altura e pontos geográficos necessários para caracterizar a região de emissão.
17. O inventário deverá ser capaz de prover informações necessárias para entrada para modelos de qualidade do ar (dados médios anuais) e o subsídio para atividades regulatórias associadas à gestão pública e elaboração de políticas públicas.
18. Para o caso de estimativa de emissões em vias, devem ser incluídos os perfis médios de variação horária de emissão.
19. Os memoriais de cálculo para emissão também deverão ser apresentados em planilhas eletrônicas para permitir a verificação dos cálculos efetuados. Tais planilhas devem conter notas explicativas para permitir seu entendimento, transparência nos cálculos e escolha de parâmetros, checagem das formulações e auditoria.

20. Deverão ser apresentadas, graficamente e em tabelas, as taxas de emissão por grupos de fonte e setores de atividade para cada poluente. Deverão ser apresentados mapas georeferenciados das fontes de emissão inventariadas.



Referências

- EcoSoft, INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA ANO BASE – 2015, disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/INVENTÁRIO/Ecosoft_RTC190018_R1.pdf, acesso em 30/09/2019.
- EMEP/EEA - Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013, Technical guidance to prepare national emission inventories, EA Technical report No 12/2013, ISSN 1725-2237.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). Quality Assurance Procedures and DARS, Chapter 4 - Evaluating the Uncertainty of Emission Estimates. United States of America, 1996a. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/vi04.pdf>, Acesso em: 16 de maio de 2019.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). EIIP Recommended Approach to Using the Data Attribute Rating System (DARS). United States of America, 1996b. Disponível em: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000D2PJ.PDF?Dockkey=2000D2PJ.PDF>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). Quality Assurance Procedures and DARS, Chapter 2 - Planning and Documentation. United States of America, 1997a. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/vi02.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2019.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). Quality Assurance Procedures and DARS, Chapter 3 - General QA/QC Methods. United States of America, 1997b. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/vi03.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2019.