

Índice de Produção mais Limpa para a Indústria de Transformação do Estado de Minas Gerais



Guia do Índice P+L

feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Índice de Produção Mais Limpa para a Indústria de Transformação no Estado de Minas Gerais

feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

 **MINAS
GERAIS**
GOVERNO DE TODOS

MetHAnvm
Resíduo e Energia 

Belo Horizonte
Novembro de 2016

REALIZAÇÃO

Governo do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel - Governador

Sistema Estadual do Meio Ambiente - SISEMA

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Jairo José Isaac - Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM

Rodrigo Melo Teixeira - Presidente

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental – DIPA

Antônio Henrique dos Santos - Diretor

Gerência de Produção Sustentável – GPROD

Antônio Augusto Melo Malard - Gerente

Elaboração - Methanum Resíduo e Energia

Felipe Correia de Souza Pereira Gomes

Luis Felipe de Dornfeld Braga Colturato

Tathiana Almeida Seraval

Witan Pereira Silva

Ludmila Leal dos Santos

Alexandre Villela Eiras Brandão de Oliveira

Coordenação e Revisão - GPROD/FEAM

Antônio Augusto Melo Malard – Gerente de Produção Sustentável

Sarah Emanuelle Teixeira Gusmão – Analista Ambiental

Colaboração - GPROD/FEAM

Ana Isabella Ferrarez da Mata - Estagiária

Daniele Tonidandel Pereira Ribeiro – Analista Ambiental

Ingrid Santos Custódio - Estagiária

Isabela Márcia de Carvalho Luiz – Estagiária

João Paulo Lopes Gomes – Analista Ambiental



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
4. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES QUE COMPÕEM O ÍNDICE P+L.....	16
4.1. PREMISSAS.....	17
4.1.1. UNIDADES PADRÃO PARA ENTRADA DE INFORMAÇÕES PARA CÁLCULO DO ÍNDICE P+L	18
4.1.2. INDICADORES SELECIONADOS.....	18
4.1.2.1. ESFERA MATERIAIS.....	19
4.1.2.2. ESFERA ÁGUA.....	21
4.1.2.3. ESFERA ENERGIA	26
4.1.2.4. ESFERA RESÍDUOS SÓLIDOS.....	31
4.1.2.5. ESFERA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	34
4.1.3. RESUMO DOS INDICADORES	36
4.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DO ÍNDICE P+L	37
4.2.1. CÁLCULO DOS INDICADORES DE P+L DE ACORDO COM A METODOLOGIA	37
4.2.2. NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DO BENCHMARK CONSIDERADO PARA O SETOR ESPECÍFICO	37
4.2.3. CÁLCULO DO ÍNDICE PARCIAL PARA CADA UMA DAS 5 ESFERAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE P+L	39
4.2.4. CÁLCULO DO ÍNDICE P+L PARA O EMPREENDIMENTO	40
4.2.5. CRITÉRIOS DE PONDERAÇÃO.....	40
4.2.5.1. DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PONDERAÇÃO PROPOSTOS	41
4.2.5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI	42
5. CRITÉRIOS DE APLICABILIDADE.....	45
5.1. RESTRIÇÕES E PRECAUÇÕES NA APLICAÇÃO DA VERSÃO 1.0.....	46
6. REFERÊNCIAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de indicadores considerados como prioritários em cada uma das esferas.....	45
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conteúdo energético dos combustíveis.....	28
Tabela 2 - Eficiência na geração de energia elétrica das diferentes tecnologias de conversão de combustíveis em energia elétrica.....	30
Tabela 3 - Conjunto dos indicadores selecionados para composição do Índice P+L	36
Tabela 4 - Resultados obtidos com a aplicação do método Delphi e ponderação dos indicadores	44
Tabela 5 - Resultados obtidos com a aplicação do método Delphi na priorização das esferas ou grupos.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
DEFRA	<i>Department of Environment, Food and Rural Affairs</i>
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EEA	European Environment Agency
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
IDO	Indicadores de Desempenho Operacional
LME	Limite Máximo de Emissão
ONU	Organização das Nações Unidas
P+L	Produção Mais Limpa
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
UNEP	<i>United Nations Environmental Programme</i>
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>
USEPA	Agência de Proteção Ambiental Americana
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

1. INTRODUÇÃO

A “Produção mais Limpa” (P+L) é uma metodologia destinada a melhoria ambiental dos processos de produção, a ser obtida por meio da utilização eficiente e racional de matéria-prima, insumos, água e energia; redução ou eliminação do uso de materiais tóxicos e perigosos; redução da quantidade e toxicidade dos resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos.

Considerando que parte da poluição gerada é expressão direta da ineficiência dos processos produtivos, a qual representa redução na qualidade ambiental, perda de recursos financeiros para a organização, para usuários de seus produtos e para a sociedade como um todo, a adoção de práticas da P+L pode ser um diferencial competitivo para as indústrias de transformação.

Os benefícios de se implantar em um empreendimento práticas de *P+L* são significativos para toda a sociedade e para o meio ambiente, sobretudo para o empreendedor, uma vez que as práticas sugeridas pelo método podem representar redução de custos produtivos, aumento da eficiência e competitividade, diminuição do risco de acidentes ambientais, melhoria nas condições de saúde e segurança ocupacionais e na imagem empresarial frente a sociedade e aos órgãos ambientais.

Nesse contexto, em constante busca pelo aprimoramento da Política Ambiental no Estado de Minas Gerais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), implementa um novo instrumento de incentivo e valorização de práticas P+L pelas atividades industriais. A ferramenta desenvolvida, denominada **Índice P+L**, é capaz de avaliar a evolução e a efetividade das ações implementadas por um empreendimento industrial na melhoria do desempenho ambiental das suas atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente.

Esse documento apresenta a metodologia para cálculo do índice, a qual é composta por um conjunto de indicadores que buscam avaliar os níveis de ecoeficiência e/ou sustentabilidade dos empreendimentos.

A seleção dos indicadores foi realizada por meio de uma ampla pesquisa bibliográfica, acompanhada de uma consulta a especialistas do tema, os quais auxiliaram o mecanismo de ponderação desses indicadores, de modo que o método matemático



desenvolvido se mostrou capaz de avaliar de forma eficiente os processos produtivos da indústria de transformação. Foram realizadas duas etapas de validação do método desenvolvido, com a aplicação da metodologia de cálculo do índice P+L em empreendimentos de seis setores industriais (siderurgia, têxtil, laticínios, couro, cimento e metal-mecânica).

Como resultado das rodadas de validação foram identificadas e implantadas melhorias no método de cálculo e na forma de obtenção das informações necessárias ao cálculo, as quais tornaram a metodologia mais eficiente na avaliação dos processos produtivos. Além disso, foram revistas as informações demandadas para a realização dos cálculos, o que resultou em uma menor complexidade na obtenção das informações necessárias.

De modo a possibilitar que o *Índice P+L* seja utilizado por um amplo número de empreendedores desenvolveu-se uma plataforma digital *on-line*, a qual permite aos empreendedores de Minas Gerais o acesso de forma ágil e simplificado à ferramenta desenvolvida.

O emprego da metodologia de P+L tem como alvo fomentar a adoção de boas práticas ambientais pelas indústrias por meio da otimização de seus processos. Já o *Índice P+L* tem como objetivo avaliar a efetividade da aplicação de ações de P+L em empreendimentos da indústria de transformação de Minas Gerais. A partir da utilização do *Índice P+L* pelos empreendimentos industriais mineiros, será possível conhecer o grau de ecoeficiência dos setores, bem como ponderar quais deles tem obtidos resultados mais satisfatórios na melhoria de seus processos, e quais são os setores mais estagnados e que demandam uma maior atenção e apoio do governo para se tornarem mais ecoeficientes.

A consolidação e a divulgação regular do *Índice P+L* permitirá ao Estado, ao setor produtivo e à sociedade civil acompanhar a transformação das práticas empresariais voltadas à melhoria de suas operações, e também definir políticas e metas setoriais para subsidiar a criação de instrumentos que incentivem e valorizem tais iniciativas.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal do *Índice P+L* é a disponibilização de uma ferramenta capaz de avaliar o grau de ecoeficiência de processos produtivos da indústria de transformação do Estado de Minas Gerais. Como objetivos secundários do *Índice P+L* pode-se destacar os seguintes:

- Fomentar a adoção de boas práticas ambientais relacionadas à Produção Mais Limpa e, conseqüentemente, a otimização dos processos industriais;
- Desenvolver uma plataforma *on-line* que possibilite ao empreendedor calcular de forma ágil e intuitiva o índice P+L para o seu empreendimento;
- Prover aos empreendedores de Minas Gerais uma ferramenta de acompanhamento do desempenho ambiental de seu empreendimento, permitindo a avaliação da performance da unidade industrial ao longo dos anos e uma comparação com os valores esperados para empreendimentos similares; e
- Disponibilizar ao Governo de Minas uma ferramenta para avaliar o grau de ecoeficiência dos processos produtivos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que seja possível promover mudanças na lógica produtiva, aproximando-se dos princípios da sustentabilidade, deve-se garantir o desenvolvimento de ações que visem o consumo responsável de bens e serviços e sua produção sustentável. Buscando se inserir nesta proposta, o Brasil tornou-se signatário da *Declaração Internacional sobre Produção mais Limpa*, no ano de 2003. Após assumir publicamente este compromisso, o país tem se empenhado em implementar políticas de incentivo aos programas de Produção mais Limpa.

A produção e o consumo sustentáveis são conceitos que buscam expressar compromissos e estratégias de desenvolvimento econômico nos marcos da sustentabilidade socioambiental e figuram nas agendas públicas e privadas como elementos fundamentais e necessários ao enfrentamento das grandes questões ambientais do nosso tempo. A adoção desses conceitos pelos diversos setores da sociedade objetiva na busca por um sistema produtivo que utilize menos recursos naturais, reduza as perdas no processo de produção e gere menos resíduos, sendo, portanto, mais “eficiente”¹.

Como consequência da promoção da eficiência e de práticas de produção mais limpa em diversos países, iniciou-se uma busca por instrumentos capazes de mensurar a melhoria do desempenho ambiental obtido nas organizações em função da adoção dessas práticas.

As ferramentas mais utilizadas para avaliação do desempenho ambiental são os índices e indicadores. Os indicadores são medidas quantitativas utilizadas para representar fenômenos complexos de maneira simples, enquanto os índices são conjuntos de indicadores calibrados por pesos e agregados por cálculos matemáticos (COELHO *et al*, 2011).

¹ A Eficiência é alcançada por meio da disponibilização de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e promovam a qualidade de vida. Ao mesmo tempo, ela reduz progressivamente os impactos ao meio ambiente e a intensidade no uso de recursos ao longo de toda a vida útil do bem ou serviço, em níveis ao menos equivalentes ao da capacidade suporte estimada para a Terra (WBCSD; UNEP, 1998)¹.



Um marco referencial, ao tratar do tema “*Indicadores Ambientais*” é a Norma Internacional ISO 14.031². Nessa, o foco dos indicadores de produção mais limpa ou de ecoeficiência está orientado ao estabelecimento de Indicadores de Desempenho Operacional (IDO), uma vez que o objetivo dos indicadores de P+L é a demonstração dos níveis desempenho operacional das organizações no uso dos recursos naturais enquanto disponibilizam produtos e serviços conforme cada negócio.

Entre os indicadores de desempenho operacional a NBR ISO 14.031 traz exemplos nas áreas:

- Materiais;
- Energia;
- Serviços de apoio às organizações;
- Instalações físicas e equipamentos;
- Fornecimento e distribuição;
- Produtos;
- Serviços fornecidos pela organização; e
- Resíduos e emissões.

Ainda que tal divisão não seja apresentada como marco conceitual, mas a título de exemplo, verifica-se uma priorização de temas ambientais, relacionados aos empreendimentos, que são propostos no contexto da avaliação de desempenho ambiental e que podem ser utilizados como referência na sistematização e organização de grupos de indicadores aplicáveis às organizações.

A *Global Reporting Initiative* (GRI), por meio da publicação Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade, estabeleceu um padrão de referência para a elaboração dos relatórios de sustentabilidade de diversas organizações.³ Na publicação são elencados uma série de indicadores, os quais abordam as esferas ambiental, social e econômica.

Na esfera ambiental são elencados 26 indicadores, os quais estão divididos em 17 indicadores considerados como essenciais e, portanto, aplicáveis a toda e qualquer

² Transformada em Norma brasileira em 2004, com a publicação da NBR ISO 14.031/2004 – *Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes*.

³ O Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) foi a primeira organização governamental da América Latina a implementar relatório de sustentabilidade anual, que tem como base as diretrizes da *Global Reporting Initiative*.



organização, e 9 indicadores adicionais. Esse grupo de indicadores está, ainda, dividido e categorizado em 9 grandes grupos:

- Materiais;
- Energia;
- Água;
- Biodiversidade;
- Emissões, efluentes e resíduos;
- Produtos e serviços;
- Conformidade (legal);
- Transportes; e
- Geral.

A grande diferença entre os indicadores sugeridos pela ISO 14.031 e os indicadores GRI é o caráter qualitativo que, algumas vezes, estes últimos possuem. Além disso, o grupo de indicadores sugerido pelo GRI apresenta indicadores de desempenho operacional, de desempenho gerencial e da qualidade do meio ambiente local. Esses indicadores contam, ainda, com uma metodologia descritiva que permite contextualizar os indicadores qualitativos e garantir uma interpretação adequada à luz das políticas, objetivos, metas e ações da organização relatora, de acordo com a proposta dessa instituição.

Na tentativa de consolidar um grupo básico de indicadores de ecoeficiência que pudessem ser utilizados por qualquer setor da indústria para a mensuração e comunicação dos níveis de ecoeficiência dos empreendimentos, a Conferência das Nações Unidas para o Mercado e Desenvolvimento (UNCTAD, 2004) confeccionou um Manual visando à elaboração e uso de indicadores de ecoeficiência. Nesse Manual são propostos indicadores de caráter quantitativo que abrangem 5 esferas consideradas por esse grupo como principais:

- Uso de água;
- Uso de energia;
- Contribuições com o efeito estufa;



- Emissões de substâncias agressoras da camada de ozônio; e
- Geração de resíduos.

Essas esferas endereçam cinco grandes preocupações globais e buscam indicadores específicos para a avaliação da contribuição dos empreendimentos com a mitigação desses problemas.

Texto semelhante, elaborado pelo Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Governo Inglês (DEFRA – *Department of Environment, Food and Rural Affairs*, 2006) sugere um grupo de indicadores-chave para a publicação de resultados de performance ambiental dos empreendimentos (DEFRA, 2006). Os indicadores encontram-se divididos em:

- Emissões para o ar (incluindo emissões de gases causadores de efeito estufa e de substâncias degradadoras da camada de ozônio);
- Emissões para a água;
- Emissões para o solo (incluindo a geração e destinação de resíduos sólidos);
- Uso de recursos naturais (incluindo água, insumos energéticos e matérias-primas diversas);
- Cadeia de suprimentos (impactos ambientais indiretos); e
- Produtos finais (impactos ambientais gerados nas demais fases do ciclo de vida do produto disponibilizado).

Apesar de sugerir uma distribuição de focos mais extensa, esse texto não fornece detalhamento dos indicadores como, por exemplo, itens a serem mensurados e as ponderações mais adequadas para cada indicador.

Além dos conjuntos tradicionais de indicadores de ecoeficiência e/ou de sustentabilidade, podem-se identificar iniciativas setoriais como, por exemplo, a da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) e do Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), ambos seguindo os modelos prévios divulgados pelas respectivas associações mundiais desses setores.

O modelo sugerido pela ABIQUIM é baseado na metodologia GRI e contém um grupo de 13 indicadores ambientais, sendo 10 essenciais e três opcionais, categorizados em:

- Emissões atmosféricas;



- Água;
- Efluentes;
- Resíduos;
- Áreas contaminadas; e
- Energia.

Para auxiliar na análise dos indicadores, possibilitar uma avaliação conjunta dos resultados dos indicadores e uma comparação entre empreendimentos similares, uma prática muito utilizada é a composição de um índice a partir dos indicadores selecionados. Segundo a *European Environment Agency* (EEA, 2005), os índices podem ser definidos como um conjunto de indicadores agregados por meio de uma formulação matemática, que propiciam uma visão geral de fenômenos que dependem de um grande número de variáveis. Por ser composto por uma série de indicadores, um índice é um número adimensional, geralmente obtido a partir da normalização dos resultados dos indicadores. Saisana e Tarantola (2002) *apud* Coelho *et al* (2011) descreveram que o método mais comum de desenvolvimento de índices consiste nas seguintes etapas:

- Decisão do fenômeno a ser estudado;
- Seleção de indicadores, que devem se pautar na relevância, na abrangência do tema escolhido e na facilidade e qualidade dos dados necessários a sua obtenção;
- Estudo das relações entre os indicadores;
- Normalização e atribuição dos pesos; e
- Teste de robustez e sensibilidade, que tem o intuito de verificar a aplicabilidade e a abrangência do índice.

A normalização dos resultados dos indicadores é realizada por meio da definição de padrões de desempenho (*benchmarks*), o que possibilita converter os resultados dos indicadores em números adimensionais e permite criar uma escala comparável entre as diversas grandezas. Isso se faz necessário porque em geral, os indicadores mensurados possuem naturezas e unidades distintas, o que inviabilizaria sua comparação de forma direta.



Uma forma bastante usual de normalização de indicadores é a variação do resultado em um escala entre zero e um, onde o pior/menor valor esperado para o resultado é definido como zero e o melhor valor é definido como um. A partir do resultado, calcula-se o valor do indicador.

Adicionalmente, a soma dos resultados normalizados dos indicadores deve ser realizada de forma ponderada, ou seja, levando-se em conta a relevância de cada indicador em relação aos demais na composição do índice. Apesar da existência de vários modelos e propostas de índices de ecoeficiência desenvolvidos por entidades variadas, a etapa de seleção de indicadores e ponderação é sempre um momento crítico, considerando-se a gama de variáveis e subjetividade nas escolhas. Para reduzir a subjetividade na definição dos indicadores e dos pesos, uma prática muito usual no meio científico é a utilização do método Delphi.

O método Delphi consiste na consulta por aplicação de questionários e testes, a grupos de especialistas, com o objetivo de se obter um consenso em relação a um determinado assunto. De forma geral, o método é aplicado em situações que não possuem uma solução analítica precisa, no entanto, podem ser resolvidas de forma coletiva. Algumas premissas para sua aplicação devem ser respeitadas, tais como, a heterogeneidade do grupo, o anonimato dos envolvidos, a possibilidade de revisão das respostas individuais em função da resposta do grupo, dentre outras (COELHO et al 2011).

4. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES QUE COMPÕEM O ÍNDICE P+L

O índice P+L foi desenvolvido com base em um conjunto de indicadores e testado em etapas. A primeira etapa se baseou em um grupo de seis empreendimentos, representando seis diferentes tipologias industriais (siderurgia, têxtil, laticínios, couro, cimento e metal-mecânico).

Buscando validar e aprimorar a metodologia, promoveu-se uma nova etapa de testes, desta vez com outros nove empreendimentos de quatro tipologias industriais (siderurgia não-integrada, material cerâmico (refratários), metal-mecânico, laticínio e cimento).

Com a aplicação da segunda etapa - validação da metodologia - identificou-se a dificuldade e a inviabilidade na aplicação de dois indicadores, o que resultou na



exclusão dos mesmos. Os indicadores excluídos eram referentes ao percentual de materiais recicláveis e produtos perigosos na composição dos produtos produzidos.

Finalmente, visando possibilitar a utilização do índice P+L pelos empreendedores de Minas Gerais foi desenvolvida uma plataforma *on-line* para a realização do cálculo do índice de forma ágil e automatizada. De forma geral, o procedimento para cálculo do índice P+L segue uma rotina simples, descrita nos 5 passos a seguir:

1. Preenchimento do formulário *on-line* pelo empreendedor com as informações necessárias para o cálculo dos indicadores;
2. Cálculo dos indicadores que compõem o índice P+L;
3. Normalização dos resultados em função dos *benchmarks* aplicáveis à tipologia industrial;
4. Cálculo do índice parcial para cada uma das 5 esferas que compõem o índice P+L; e
5. Cálculo do índice P+L para o empreendimento.

Ao final do processo é disponibilizado um relatório ao empreendedor com o resumo das informações apresentadas e os resultados obtidos. Cabe destacar que os dados devem ser informados de forma anual, em conformidade com as unidades de medidas solicitadas.

4.1. PREMISSAS

A definição dos indicadores adotados para composição do índice P+L foi realizada considerando as bases de indicadores usualmente adotadas para avaliação de práticas de P+L nas indústrias, de acordo com levantamento realizado na revisão bibliográfica.

A definição do grupo de indicadores seguiu premissas e/ou critérios básicos, os quais nortearam todo trabalho. O primeiro deles foi o atendimento às esferas componentes do índice P+L, conforme orientação da especificação técnica do projeto e de acordo com o adotado por outras instituições em nível mundial. As esferas nas quais o índice foi dividido referem-se aos grandes campos em que são identificados os aspectos ambientais mais significativos nos empreendimentos da indústria de transformações, ou seja:

- Materiais (matérias-primas e insumos relevantes);

- Água (água e efluentes líquidos);
- Energia;
- Resíduos sólidos; e
- Emissões atmosféricas (inclusive emissões de gases causadores de efeito estufa).

Além disso, a seleção desse grupo buscou atender às quatro principais qualidades dos indicadores, segundo UNCTAD (2004): fácil entendimento, relevância, confiabilidade e comparabilidade. Para tal, o grupo de indicadores não poderia ser muito extenso e deveria atender aos aspectos ambientais mais relevantes dentro de cada esfera considerada. O mesmo deveria ser o mais universal possível, uma vez que a sua proposta consiste na viabilidade de aplicação em boa parte da indústria de transformação instalada no Estado de Minas Gerais.

4.1.1. UNIDADES PADRÃO PARA ENTRADA DE INFORMAÇÕES PARA CÁLCULO DO ÍNDICE P+L

De modo a viabilizar o cálculo adequado do índice $P+L$, a entrada dos dados deve ser realizada de forma padronizada, adotando-se a unidade de medida estabelecida para cada variável requerida. Os dados devem ser lançados de forma anual, tendo como referência o ano-base selecionado para cálculo. O empreendedor deve atentar-se para a unidade considerada para cada uma das variáveis, realizando as conversões necessárias para a entrada dos dados da forma correta. O lançamento dos dados é de inteira responsabilidade do empreendedor, o qual deve garantir a veracidade e confiabilidade das informações apresentadas.

4.1.2. INDICADORES SELECIONADOS

Em função das premissas adotadas, bem como após a revisão dos indicadores com base nos resultados obtidos nas duas etapas de validação, foram selecionados 21 indicadores, dividido nas cinco categorias ou esferas.

Foram selecionados quatro indicadores na esfera Materiais, seis na esfera Água, sendo três para consumo de água e três para geração de efluentes líquidos. Além disso,



foram considerados três indicadores na esfera Energia, quatro na esfera Resíduos Sólidos e três na esfera Emissões Atmosféricas. A seguir serão listados os indicadores que compõem a versão final do método de cálculo do índice P+L.

4.1.2.1. ESFERA MATERIAIS

Dos quatro indicadores selecionados para a esfera Materiais, todos estão relacionados ao consumo de matérias-primas e de insumos relevantes para o processo produtivo. São eles:

IM-1: Consumo de Matéria-Prima por Produto Produzido

IM-2: Percentual de Matérias-Primas Renováveis Utilizadas

IM-3: Percentual de Matérias-Primas Recicladas e/ou Reutilizadas Usadas

IM-4: Consumo de Produtos Perigosos por Produto Produzido

Verifica-se que os indicadores IM-1 e IM-4 apresentam o formato tradicional de indicadores de ecoeficiência ao relacionarem um aspecto ou grandeza ambiental com uma grandeza econômica, no caso o nível de produção do empreendimento. Isso é necessário para permitir a comparação do indicador internamente (ao longo do tempo) ou externamente, com outros empreendimentos similares.

Os cálculos dos indicadores IM-1 a IM-4 dependem exclusivamente de informações fornecidas pelo empreendedor e são realizados de forma simples, como apresentado nas equações 1 a 4.

$IM-1 = \frac{\text{Consumo de matérias-primas}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 1
--	--------------

O cálculo do indicador IM-1 (Consumo de Matéria-Prima por Produto Produzido) é obtido a partir do quociente entre o somatório da quantidade total de matérias-primas consumidas no ano pelo somatório da quantidade total de produtos gerados no mesmo ano.

Entende-se por matéria-prima os elementos de origem vegetal, animal ou mineral que são agregados à fabricação de um determinado produto. São exemplos de matérias-primas o couro utilizado nas indústrias de curtume, o minério de ferro utilizado na siderurgia ou o leite na produção de laticínios.



Não devem ser consideradas como matérias-primas os materiais que são utilizados para a produção de um determinado produto e, no entanto, não fazem parte da composição final do mesmo. Os combustíveis utilizados também não devem ser lançados como matérias-primas, sendo computados no indicador referente a produção de energia.

Quanto à produção anual, devem ser considerados somente os produtos principais produzidos pelo empreendimento, excluindo os subprodutos e/ou co-produtos gerados, os quais não são o objetivo principal do empreendimento, mesmo que esses possuam viabilidade de comercialização. Como exemplo pode-se citar a escória de alto-forno que é comercializada pelas siderúrgicas, o qual se tornou um subproduto desse tipo de indústria, mas deve ser computada como resíduo. Isso porque as principais ações na aplicação da Produção Mais Limpa devem ser direcionadas à minimização da geração de resíduos, priorizando portanto a não-geração de resíduos, subprodutos ou co-produtos.

$IM-2 = \frac{\text{Consumo de matéria-prima renovável}}{\text{Consumo de matérias-primas}} \times 100$	Eq. 2
---	--------------

O indicador IM-2 (Percentual de Matérias-Primas Renováveis Utilizadas) é obtido em percentual (%), sendo calculado a partir do quociente entre o somatório da quantidade total de matérias-primas renováveis utilizadas no ano e o somatório da quantidade total matérias-primas consumidas no ano, multiplicado por 100. As duas variáveis devem ser informadas na mesma unidade, sendo o mais usual a unidade de massa (toneladas).

São consideradas matérias-primas renováveis todas aquelas provenientes de fontes renováveis, que podem ser restauradas por processos naturais a uma velocidade superior a do consumo. Quaisquer produtos de origem mineral, tais como minério de ferro, calcário ou derivados de petróleo, não são considerados renováveis. Cabe destacar que produtos vegetais, dependendo da origem e da forma como é obtida, não podem ser considerados como renováveis. Como exemplo cita-se a extração de madeira nativa, a qual geralmente não apresenta uma taxa de renovação superior a taxa de extração. É de responsabilidade do empreendedor assinalar no formulário *online* se a matéria-prima utilizada é renovável ou não.

$IM-3 = \frac{\text{Consumo de matérias-primas reutilizadas e/ou recicladas}}{\text{Consumo de matérias-primas}} \times 100$	Eq. 3
--	--------------



O indicador IM-3 (Percentual de Matérias-Primas Reutilizadas e/ou Recicladas Utilizadas) também é obtido em percentual (%), sendo calculado a partir do quociente entre o somatório da quantidade total consumida de matérias-primas reutilizadas e/ou recicladas utilizadas no ano e o somatório da quantidade total de matérias-primas consumidas no ano, multiplicado por 100. São consideradas matérias-primas reutilizadas ou recicladas a parcela das matérias-primas que forem provenientes de resíduos gerados pela própria indústria, por outras indústrias ou oriundas da coleta de resíduos sólidos urbanos municipais. Como exemplo de matéria-prima reciclada pode-se citar a utilização de garrafas PET pela indústria de plástico. As duas variáveis devem ser informadas na mesma unidade, sendo o mais usual a unidade de massa (toneladas).

$IM-4 = \frac{\text{Consumo de produtos perigosos}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 4
---	--------------

O cálculo do indicador IM-4 (Consumo de Produtos Perigosos por Produto Produzido) é obtido a partir do quociente entre o somatório da quantidade de produtos perigosos consumidos no ano pelo somatório da quantidade de produtos gerados no mesmo ano. O consumo de produtos perigosos deve ser informado em unidade de massa (toneladas).

Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) são considerados produtos perigosos todos os materiais que representam risco à saúde humana, ao meio ambiente ou à segurança pública, seja este encontrado na natureza ou obtido em algum processo. A classificação dos produtos perigosos é realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU). No Brasil, a lista dos produtos perigosos pode ser obtida na Resolução nº 420/2004, a qual aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos (Decreto nº 96.044/1988). Dessa forma, serão considerados como produtos perigosos para o cálculo do indicador IM-4 todos aqueles itens listados na referida resolução.

4.1.2.2. ESFERA ÁGUA

A esfera Água é composta por seis indicadores, sendo que os três primeiros relacionados ao consumo de água e os outros três à geração de efluentes líquidos. São eles:

AG-1: Uso Total de Água por Produto Produzido



AG-2: Consumo de Água Nova por Produto Produzido

AG-3: Percentual de Utilização de Água de Reúso

AG-4: Geração de Efluentes Líquidos Industriais por Produto Produzido

AG-5: Geração de Carga Poluidora dos Efluentes Líquidos Industriais Brutos por Produto Produzido

AG-6: Grau de Sobreatendimento aos Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais

O indicador AG-1 (Uso Total de Água por Produto Produzido) refere-se à demanda total de água do empreendimento e é calculado conforme a equação 5.

$AG-1 = \frac{\text{Uso total de água}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 5
---	--------------

O indicador AG-1 é obtido pelo quociente entre a demanda total a água do empreendimento (tanto para fins domésticos, sanitários, industriais, resfriamento, irrigação, controle de poeiras e lavagem de gases) pela produção anual. Assim, devem ser informadas pelo empreendedor toda a demanda de água do empreendimento, considerando tanto as águas oriundas de captação direta (tais como rios, poços, lagos e nascentes), captação indireta (água fornecida pela concessionária local de abastecimento), captações de águas pluviais e de reúso direto. O consumo de água deve ser informado em unidade de volume (m³).

O cálculo do indicador não leva em conta a demanda de água suprida por meio do direcionamento do efluente de uma linha produtiva para outra linha de produção, bem como a vazão de recirculação em outros circuitos fechados onde não ocorra o tratamento da água para retorno ao processo produtivo.

O indicador AG-2 (Consumo de Água Nova por Produto Produzido) é um indicador ambiental bastante conhecido e possui práticas consolidadas de gestão ambiental. O consumo de água captada representa a soma das captações realizadas diretamente do meio ambiente (tais como rios, poços, lagos e nascentes), com o consumo de água disponibilizada pela concessionária local (captação indireta), captação de água pluvial, ou qualquer outra fonte de água nova para o processo. Para o cálculo do indicador AG-2 só são considerados os volumes de água nova introduzida no processo, não contemplando nenhuma quantidade de água oriunda da recirculação. O cálculo do indicador AG-2 é apresentado na equação 6.



$AG-2 = \frac{\text{Consumo de água nova}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 6
--	--------------

O indicador AG-2 é obtido pelo quociente entre o consumo total da água captada pelo empreendimento (tanto para fins domésticos, sanitários, industriais, resfriamento, irrigação, controle de poeiras e lavagem de gases) pela produção anual do empreendimento. O consumo de água captada deve ser informado em unidade de volume (m³).

As águas de reúso são águas residuárias que foram submetidas a tratamento e apresentam viabilidade de uso na indústria. Desta forma, para realizar o cálculo do indicador, o empreendedor deverá informar a vazão de água que após ter sido tratada, retorna ao processo produtivo. Devem ser informadas ainda as vazões referentes à recirculação de água em circuitos fechados de resfriamento.

O cálculo do indicador AG-3 (Percentual de Utilização de Água de Reúso) é realizado conforme a equação 7.

$AG-3 = \frac{\text{Consumo de água de reúso direto}}{\text{Uso total de água}} \times 100$	Eq. 7
---	--------------

O indicador AG-3 é obtido em percentual (%), sendo calculado a partir do quociente entre a demanda de água suprida por meio do reúso direto, o qual contempla a reutilização do efluente tratado da estação de tratamento de efluentes do empreendimento, somada à demanda de água suprida pela recirculação de água em circuitos de resfriamento, pela demanda total de água do empreendimento, multiplicado por 100. Todas as informações referentes ao consumo de água do empreendimento devem ser apresentadas em unidade de volume (m³).

O cálculo do indicador AG-4 (Geração de Efluentes Líquidos Industriais por Produto Produzido) é apresentado na equação 8.

$AG-4 = \frac{\text{Geração de efluentes industriais}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 8
--	--------------

O indicador AG-4 consiste em um indicador ambiental e de produção mais limpa tradicional bastante utilizado e possui o objetivo de avaliar o potencial impacto ambiental sobre os recursos hídricos. O cálculo do indicador AG-4 é obtido a partir do quociente entre a quantidade total de efluentes descartados pelo empreendimento e o



somatório da quantidade total de produtos gerados no mesmo ano. O volume de efluentes deve ser informado em unidade de volume (m³).

O indicador se restringe ao volume de efluentes líquidos industriais efetivamente emitidos pelo empreendimento, tais como o lançamento em corpo receptor, na rede coletora de esgoto, infiltrados no solo e não considera o volume dos efluentes líquidos sanitários, uma vez que estes podem sofrer apenas uma pequena redução – via estratégias mais limpas de produção – estando mais relacionados ao número de empregados existentes no empreendimento e, em geral, apresentando uma baixa relevância quando comparado a outros aspectos ambientais dos empreendimentos da indústria de transformação. Além disso, na maioria dos casos, a vazão dos efluentes sanitários não é quantificada antes do seu descarte.

Nos casos em que os efluentes sanitários são tratados e descartados em conjunto com os efluentes industriais, os mesmos são computados conjuntamente, sendo considerados na sua totalidade como efluentes líquidos industriais.

Segundo a norma NBR nº.9800/1987 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são considerados efluentes de processo industrial, todos aqueles originados nos processos produtivos, as águas de lavagem e outras fontes que apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no empreendimento.

O indicador AG-5 (Geração de Carga Poluidora dos Efluentes Líquidos Industriais Brutos por Produto Produzido) é calculado conforme a equação 9.

$AG-5 = \frac{\text{Vazão de efluente} \times \text{Parâmetro físico-químico selecionado}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 9
--	--------------

O indicador AG-5 mensura a geração de carga poluidora, geralmente em termos de demanda química de oxigênio (DQO), em função da produção anual do empreendimento. A carga poluidora considerada para cálculo do AG-5 consiste na massa de poluentes gerado no processo produtivo ao longo de um ano. É obtida pelo produto entre a vazão total do efluente ao longo do ano avaliado, expressa em m³/ano, e a concentração média do parâmetro físico-químico selecionado no efluente bruto, geralmente na unidade mg/L.

Esse indicador é capaz de ilustrar os esforços do empreendimento na redução do potencial poluidor do efluente, adotando-se medidas de redução na fonte, como a substituição de matérias-primas e de insumos, controles de perdas, entre outras. Tendo



em vista que o AG-5 considera os dados referentes ao efluente bruto, esse indicador não avalia a eficiência dos sistemas de tratamento, mas sim as perdas do processo produtivo.

A adoção do parâmetro DQO para representar a carga poluidora do efluente líquido da maioria das tipologias industriais ocorre em função da necessidade de se utilizar um dado capaz de ser aplicado às várias tipologias industriais e também porque atualmente esse é um parâmetro monitorado pela maioria dos empreendimentos industriais existentes no Estado de Minas Gerais.

O indicador AG-6 (Grau de Sobreatendimento aos Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais) é expresso em percentual (%) e possui o objetivo de valorizar as iniciativas que viabilizem o descarte de efluentes com características mais favoráveis ao meio ambiente em relação aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

Assim como o indicador AG-4, o AG-6 se restringe aos efluentes líquidos industriais, não considerando os efluentes líquidos sanitários. Entretanto, nos casos onde o efluente sanitário é tratado conjuntamente com o efluente industrial, todo o efluente descartado pelo empreendimento será considerado como efluente líquido industrial.

Assim como no caso do AG-5, optou-se por trabalhar com o parâmetro DQO para a maioria das tipologias industriais,

As condições e os padrões de lançamento de efluentes, assim como a classificação dos corpos d'água no Estado de Minas Gerais são regulamentados pela Deliberação Normativa (DN) Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Para o parâmetro físico-químico DQO, a DN estabelece que efluentes industriais podem ser lançados em corpos hídricos receptores caso apresentem uma concentração máxima de 180 mgDQO/L ou os sistemas de tratamento possuam uma eficiência mínima de remoção de 70% e uma eficiência de remoção média anual igual ou superior a 75%. Já para os efluentes de indústria têxtil, o padrão é de 250 mg/L e para a indústria de celulose é de 490mg/L .

Considerando-se essa prerrogativa e que os valores padrões podem ser apresentados em valores numéricos ou em valores percentuais, o indicador AG-6 possui duas formas de cálculo, sendo selecionada a melhor nota obtida. Caso o empreendimento possua mais de um ponto onde os efluentes brutos são monitorados ou mais de um ponto de

lançamento de efluentes tratados no corpo receptor, realiza-se uma ponderação dos resultados em função da vazão e concentração ou eficiência de tratamento de cada ponto.

O cálculo para valores numéricos, em função da concentração, é realizado conforme a equação 10.

$AG-6 = \left(1 - \left(\frac{\text{Concentração do parâmetro físico-químico selecionado}}{\text{Padrão de lançamento do parâmetro físico-químico selecionado}} \right) \right) \times 100$	Eq. 10
---	---------------

Caso o efluente tratado seja lançado com uma concentração igual ou superior ao padrão de lançamento, o empreendedor receberá nota zero para o indicador e caso o empreendimento lance o efluente tratado com uma concentração do parâmetro físico-químico selecionado igual a zero, a nota para o indicador será a maior possível (100%).

O cálculo do indicador com base na eficiência de tratamento é realizado conforme a equação 11.

$AG-6 (\%) = \frac{\text{Eficiência de remoção (\%)} - \text{Padrão de lançamento (\%)}}{100\% - \text{Padrão de lançamento (\%)}}$	Eq. 11
---	---------------

Caso o sistema de tratamento apresente uma eficiência de remoção igual ou inferior ao padrão de lançamento, o empreendedor receberá nota zero para o indicador e caso o empreendimento lance o efluente tratado com um percentual de remoção em 100% receberá a maior nota possível.

4.1.2.3. ESFERA ENERGIA

Foram selecionados três indicadores de produção mais limpa para a esfera Energia, sendo todos tradicionalmente adotados nos empreendimentos em seus processos de gestão ambiental.

EN-1: Consumo Total de Energia por Produto Produzido

EN-2: Consumo Total de Energia Elétrica por Produto Produzido

EN-3: Percentual de Energia Produzida Oriunda de Fontes Alternativas



O cálculo do indicador EN-1 (Consumo Total de Energia por Produto Produzido) é realizado de acordo com a equação 12.

$EN-1 = \frac{\text{Consumo total de energia}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 12
--	---------------

O indicador EN-1 refere-se a toda energia, seja ela térmica ou elétrica, consumida pelo empreendimento no período avaliado. Entretanto, no cálculo do montante total de energia consumida pelo empreendimento não é contabilizada a energia necessária para logística de recepção de materiais ou de distribuição da produtos, tendo em vista que essas atividades se encontram em outra fase do ciclo de vida do produto e o objetivo principal desse indicador é a demanda energética do empreendimento. A energia utilizada para logística interna (transporte de materiais e/ou pessoas dentro da área do empreendimento), por sua vez, é considerada no cálculo, estimada com base no consumo de combustível.

Para o cálculo do consumo total de energia do empreendimento o empreendedor deve apresentar as seguintes informações:

- Quantidade total de combustíveis utilizados para a geração de energia mecânica, térmica e/ou elétrica (t/ano, m³/ano e outros);
- Quantidade total de combustíveis utilizados no abastecimento de veículos que realizam a logística interna do empreendimento (t/ano, m³/ano e outros);
- Quantidade total de eletricidade fornecida ao empreendimento pela concessionária local (MWh/ano); e
- Quantidade total de eletricidade gerada a partir de fontes que não utilizam combustíveis (solar, eólica, hidráulica, etc.) (MWh/ano).

O indicador é apresentado na unidade quilowatt-hora por unidade adotada para o produto produzido e, para isso, exige a conversão de unidades de combustíveis medidos em massa (kg) ou em volume (m³, st, Nm³, etc.) para unidades de energia (kJ ou Kcal) e depois para quilowatt. Esta conversão é realizada pela adoção do conteúdo energético padrão para os diversos combustíveis, conforme identificados em bibliografia. A Tabela 1 apresenta o conteúdo energético considerado para cada um dos combustíveis disponíveis na plataforma *on-line* de cálculo do Índice P+L.

Tabela 1 – Conteúdo energético dos combustíveis

	Combustível	Quantificação	Poder Calorífico Inferior	Unidade
1	Alcatrão de madeira	kg	4.600	Kcal/kg
2	Álcool etílico anidro	kg	6.750	Kcal/kg
3	Álcool etílico hidratado	kg	6.300	Kcal/kg
4	Bagaço de cana com 50% de umidade	kg	2.130	Kcal/kg
5	Biogás	kg	5.000	Kcal/kg
6	Caldo de cana	kg	623	Kcal/kg
7	Carvão energético	kg	6.120	Kcal/kg
8	Carvão metalúrgico importado	kg	7.400	Kcal/kg
9	Carvão metalúrgico nacional	kg	6.420	Kcal/kg
10	Carvão vegetal granulado	kg	6.460	Kcal/kg
11	Cavaco de eucalipto	kg	4.300	Kcal/kg
12	Cavaco de madeira	kg	2.400	Kcal/kg
13	Cavaco de pinho	kg	2.500	Kcal/kg
14	Coque de carvão mineral	kg	6.900	Kcal/kg
15	Coque de lenha	kg	7.600	Kcal/kg
16	Coque de petróleo	kg	8.390	Kcal/kg
17	Finos de carvão vegetal	kg	5.110	Kcal/kg
18	Gás de coqueira	m ³	4.300	Kcal/m ³
19	Gás de refinaria	kg	9.634	Kcal/kg
20	Gás Liquefeito de petróleo (GLP)	kg	11.100	Kcal/kg
21	Gás Natural	m ³	8.600	Kcal/m ³
22	Gasolina automotiva	L	7.696	Kcal/L
23	Gasolina de aviação	L	7.632	Kcal/L
24	Lenha com 12% de umidade	kg	2.400	Kcal/kg
25	Lenha com 40% de umidade	kg	3.680	Kcal/kg
26	Lenha de eucalipto	kg	4.510	Kcal/kg
27	Madeira de caixotes	kg	3.800	Kcal/kg
28	Madeira muito seca	kg	4.800	Kcal/kg
29	Madeira verde	kg	2.500	Kcal/kg
30	Melaço	kg	1.850	Kcal/kg
31	Nafta petroquímica	kg	10.630	Kcal/kg
32	Óleo BPF	kg	10.100	Kcal/kg
33	Óleo combustível	kg	9.590	Kcal/kg
34	Óleo diesel	kg	10.100	Kcal/kg

	Combustível	Quantificação	Poder Calorífico Inferior	Unidade
35	Óleo Xisto	kg	10.170	Kcal/kg
36	Papel	kg	4.200	Kcal/kg
37	Petróleo	kg	10.180	Kcal/kg
38	Querosene de aviação	kg	10.400	Kcal/kg
39	Querosene iluminante	kg	10.400	Kcal/kg
40	Sebo	kg	8.658	Kcal/kg
41	Metano	m ³	8.500	Kcal/m ³

Fonte: VARFAILLIE, H. e BIDWELL, R. (2000).

O cálculo do indicador EN-2 (Consumo Total de Energia Elétrica por Produto Produzido) é realizado de acordo com a equação 13.

$EN-2 = \frac{\text{Consumo total de energia elétrica}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 13
---	---------------

O indicador EN-2 (Consumo Total de Energia Elétrica por Produto Produzido) contabiliza todo o consumo de energia elétrica do empreendimento, seja ela originária de geração própria (cogeração, centrais hidrelétricas, termoelétricas, eólicas ou de outras fontes) ou do fornecimento de energia elétrica via concessionária local. Para a realização do cálculo é utilizado o dado informado pelo empreendedor referente a quantidade de eletricidade fornecida pela concessionária local, acrescido da quantidade de eletricidade gerada pelo empreendimento.

Caso o empreendimento possua fontes de geração de energia elétrica que não consomem combustível (hidráulica, solar fotovoltaica, eólica, maremotriz ou geotérmica), o empreendedor deverá informar o valor total de energia elétrica consumida a partir de cada uma das fontes de geração.

Nos casos onde o empreendimento possuir fontes de geração de energia elétrica a partir do consumo de combustíveis, o empreendedor deverá selecionar o tipo do combustível, a utilização dada ao combustível (geração de energia elétrica) e a tecnologia de geração de energia elétrica empregada. Considerando que os



equipamentos para geração de energia elétrica possuem eficiência de conversão variada, adotou-se um valor médio de eficiência para cada tecnologia, tendo como base a Tabela 2.

Tabela 2 - Eficiência na geração de energia elétrica das diferentes tecnologias de conversão de combustíveis em energia elétrica.

Tecnologia	Eficiência elétrica (%)	Eficiência elétrica média considerada (%)
Turbina a vapor	17-35	26,0%
Turbina a gás	25-42	33,50%
Ciclo combinado	35-55	45,0%
Motores de Otto e Diesel	25-45	35,0%
Microturbinas	15-30	22,5%
Células de combustível	37-50	43,0%
Motores Stirling	30-40	35,0%

Fonte: IPCC - Disponível: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch4s4-3-5.html

O cálculo do indicador EN-3 (Percentual de Energia Produzida Oriunda de Fontes Alternativas) é realizado com base na equação 14:

$EN-3 = \frac{(\text{Energia hidráulica} \times 0,5) + \text{Demais energias alternativas}}{\text{Consumo total de energia}} \times 100$	Eq. 14
--	---------------

O indicador EN-3 é dado em percentual (%) e visa avaliar o nível de utilização de energias alternativas na matriz energética do empreendimento. Cabe destacar que o indicador contabiliza apenas a energia gerada pelo empreendimento, não sendo considerada a eletricidade fornecida pela concessionária local, uma vez que o empreendimento não possui poder de gerenciamento sobre essa parcela de sua demanda de energia.

Além disso, considera-se ainda a quantidade total de energia contida nos combustíveis consumidos, não sendo considerada sua eficiência de conversão, conforme realizado para a definição da geração de energia elétrica.

São consideradas energia alternativas aquelas que possuem reduzido impacto ambiental no processo de geração e não realizam o consumo de combustíveis fósseis



ou lenha originária de mata nativa. Como exemplos de energias alternativas podemos citar as seguintes:

- Hidráulica (gerada a partir de pequenas centrais hidrelétricas);
- Eólica;
- Geotérmica;
- Maremotriz;
- Solar fotovoltaica;
- Geração elétrica a partir de combustíveis renováveis;
- Combustível veicular renovável.; e
- Biomassa.

O indicador EN-3 é calculado como o quociente entre o consumo total de energia de fontes alternativas em MWh e o consumo total de energia do empreendimento, também em MWh, no período avaliado.

Para o cálculo do indicador EN-3 optou-se por realizar uma diferenciação entre a energia gerada a partir de fonte hídrica das demais fontes alternativas. Tal diferenciação ocorreu devido ao maior grau de impacto ambiental negativo gerado pelas usinas hidroelétricas. Dessa forma, o cálculo do indicador utiliza ponderações diferentes entre a energia hidráulica e as demais. A equação 14 apresenta a forma de cálculo do indicador EN-3, sendo que a parcela de fonte hidráulica é reduzida pela metade, diminuindo assim a nota final referente ao percentual de energia gerado a partir de fontes alternativas.

4.1.2.4. ESFERA RESÍDUOS SÓLIDOS

Foram selecionados quatro indicadores de produção mais limpa para a esfera Resíduos Sólidos, sendo que um dos indicadores é dividido em dois sub-indicadores:

RS-1: Geração de Resíduos Sólidos por Produto Produzido

RS-2: Geração de Resíduos Sólidos Perigosos por Produto Produzido

RS-3.1: (Percentual de Resíduos Sólidos Enviados para Reciclagem, Reaproveitamento e/ou Reutilização)

RS-3.2: Percentual de Resíduos Sólidos Enviados Para Aterro

RS-4: Taxa de Redução na Geração de Resíduos Sólidos

Os indicadores RS-1 (Geração de Resíduos Sólidos por Produto Produzido) e RS-2 (Geração de Resíduos Sólidos Perigosos por Produto Produzido) são apresentados em quilos de resíduos sólidos por produto produzido. A utilização da unidade de massa para o indicador de resíduos é fundamental para o balanço de massa do processo produtivo e, conseqüentemente, o cálculo do indicador.

A equação 15 representa a forma de obtenção do indicador RS-1.

$RS-1 = \frac{\text{Geração total de resíduos sólidos}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 15
---	---------------

O cálculo do indicador RS-1 é realizado pelo quociente entre a geração total de resíduos, sendo nesse caso considerados os resíduos perigosos e não perigosos, e a produção anual do empreendimento. Para o cálculo, o empreendedor deverá informar todos os resíduos que são gerados no empreendimento e a quantidade produzida de cada um no ano que está sendo avaliado.

A equação 16 representa a forma de obtenção do indicador RS-2.

$RS-2 = \frac{\text{Geração de resíduos sólidos perigosos}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 16
---	---------------

O cálculo do RS-2 é realizado considerando-se apenas as quantidades de resíduos sólidos perigosos gerados e é apresentado em quilos de resíduos sólidos perigosos por produtos produzidos. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são considerados resíduos sólidos perigosos aqueles que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam risco à saúde pública ou à qualidade ambiental. A classificação dos resíduos deve ser realizada com base nos parâmetros definidos pela norma ABNT NBR nº 10.0004/2004.

Para possibilitar o cálculo, ao informar a geração de resíduos no módulo P+L, o empreendedor seleciona a classe em que resíduo está enquadrado. Os resíduos enquadrados como classe I são considerados perigosos e os enquadrados como classe II-A e II-B são não perigosos.

O cálculo do subindicador RS-3.1 (Percentual de Resíduos Sólidos Enviados para Reciclagem, Reaproveitamento e/ou Reutilização) é obtido por meio da equação 17.



$RS-3.1 = \left(\frac{\text{Total de resíduos enviados para reciclagem, reutilização e/ou reaproveitamento}}{\text{Geração total de resíduos}} \right) \times 100$	Eq. 17
---	---------------

O subindicador RS-3.1 é expresso em percentual (%) e calculado pelo quociente entre a quantidade total de resíduos sólidos enviados para reciclagem, reutilização e reaproveitamento (t/ano) pela geração total de resíduos (t/ano), sendo o resultado multiplicado por 100.

O cálculo do subindicador RS-3.2 (Percentual de Resíduos Sólidos Enviados Para Aterro) é obtido por meio da equação 18.

$RS-3.2 = \frac{\text{Total de resíduo enviados para aterro}}{\text{Geração total de resíduo}} \times 100$	Eq. 18
--	---------------

O subindicador RS-3.2 é expresso em percentual (%) e calculado pelo quociente entre a quantidade total de resíduos sólidos enviados para a disposição final em aterros (t/ano) e a geração total de resíduos (t/ano), sendo o resultado multiplicado por 100.

A destinação final é o encaminhamento dos resíduos sólidos para que sejam submetidos ao processo adequado, seja ele a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem, a compostagem, a geração de energia, o tratamento ou a disposição final, de acordo com a natureza e as características dos resíduos e de forma compatível, em consonância com as melhores práticas para manutenção da saúde pública e a proteção do meio ambiente.

Caso os resíduos tenha como destinação final alguma forma de tratamento, compostagem, geração de energia ou qualquer outra forma que não seja o aterramento, reciclagem, reaproveitamento e/ou reutilização, o empreendedor deverá ser selecionada a opção “Outras Formas” no módulo Índice P+L para garantir que os cálculos sejam realizados da forma adequada.

O cálculo do indicador RS-4 (Taxa de Redução na Geração de Resíduos Sólidos) é expresso em percentual (%) e considera a redução entre a geração total de resíduos no ano em análise e a geração total de resíduos do ano anterior. Caso ocorra um incremento na geração de resíduos, a nota do subindicador será igual a zero. O cálculo do indicador é apresentado na Equação 19.

$RS-4 = \left(1 - \left(\frac{\text{Geração total de resíduos no ano atual}}{\text{Geração total de resíduo ano anterior}} \right) \right)$	Eq. 19
---	---------------



O indicador RS-4 somente será calculado a partir do segundo ano de participação do empreendimento no Módulo P+L. Dessa forma, a nota desse indicador no primeiro ano de participação do empreendimento será sempre zero.

4.1.2.5. **ESFERA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS**

Na esfera de Emissões Atmosféricas, três indicadores compõem o conjunto:

EA-1: Emissão de Gases Causadores de Efeito Estufa por Produto Produzido

EA-2: Carga Poluidora Atmosférica Emitida por Produto Produzido

EA-3: Grau de sobre-atendimento aos Padrões de Lançamento de Emissões atmosféricas

O indicador EA-1 (Emissão de Gases Causadores de Efeito Estufa por Produto Produzido) é calculado com base na equação 20, a qual é apresentada a seguir:

$EA-1 = \frac{\text{Emissões de gases causadores de efeito estufa}}{\text{Produção anual}}$	Eq. 20
---	---------------

O cálculo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é baseado nas taxas de emissões de dióxido de carbono equivalente geradas no processo produtivo. O indicador EA-1 é obtido pelo quociente entre as emissões de GEE do empreendimento e a produção anual. Para que o empreendedor possa apresentar os dados necessários ao cálculo é fundamental que tenha sido elaborado um inventário de emissões de GEE do empreendimento. Caso o inventário não tenha sido elaborado, o empreendedor poderá utilizar a Plataforma sobre Registro Público de Emissões de Gases de Efeito Estufa, disponibilizada pela FEAM por meio do site <http://registrogee.meioambiente.mg.gov.br:8080/GEE/>. Com o auxílio da plataforma o empreendedor realizará o cálculo das emissões resultantes do consumo de combustíveis e energia elétrica, processos industriais e emissões fugitivas.

O indicador EA-2 (Carga Poluidora Atmosférica Emitida por Produto Produzido) tem como objetivo a mensuração da carga poluidora emitida por de produto produzido no empreendimento e pode ser calculado com base na equação 21, a qual é apresentada a seguir:

$EA-2 = \frac{(CM \times VM \times HF \times 365) / 1.000.000}{\text{Produção anual}}$	Eq. 21
--	---------------



Onde:

CM: Concentração média emitida do parâmetro selecionado (mg/Nm³);

VM: Vazão média (Nm³/h); e

HF: Tempo médio de funcionamento (h/dia).

O cálculo da carga emitida é obtido a partir do somatório da carga emitida por cada uma das fontes fixas existentes no empreendimento. O resultado desse somatório é então dividido pela produção anual.

Assim como nos efluentes líquidos, buscou-se adotar um parâmetro universal, o qual fosse monitorado pela maioria dos empreendimentos da indústria de transformação. O parâmetro selecionado para o indicador foi o material particulado, tendo em vista tratar-se de um poluente comumente empregado nos programas de automonitoramento de emissões atmosféricas dos empreendimentos licenciados em Minas Gerais. Cabe destacar que dependendo da tipologia industrial, o parâmetro e, conseqüentemente, o cálculo desse indicador pode ser alterado, ficando a cargo, exclusivamente, de uma definição do órgão ambiental.

O indicador EA-3 (Grau de sobre-atendimento aos Padrões de Lançamento de Emissões atmosféricas) possui o objetivo de valorizar as iniciativas que viabilizem emissões com características mais favoráveis ao meio ambiente em relação aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

Assim como no indicador EA-2, optou-se por adotar o parâmetro Material Particulado (MP), entretanto, o parâmetro poderá ser alterado dependendo da tipologia industrial do empreendimento e principalmente pelo processo produtivo e tecnologia adotada industrial.

Em Minas Gerais, as condições e os padrões emissões atmosféricas é regulamentado pela DN COPAM nº187/2013, que estabelece o Limite Máximo de Emissão (LME) para poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais. O cálculo do indicador EA-3 é realizado conforme a equação 22:

$EA-3 = \left(1 - \left(\frac{\text{Concentração do parâmetro físico-químico selecionado}}{\text{Padrão de lançamento do parâmetro físico-químico selecionado}} \right) \right) \times 100$	Eq. 22
---	---------------



Caso o efluente tratado seja lançado com uma concentração igual ou superior ao padrão de lançamento, o empreendedor receberá nota zero para o indicador e caso o empreendimento lance emissões atmosféricas com uma concentração igual a zero, a nota para o indicador será a maior possível (100%).

4.1.3. RESUMO DOS INDICADORES

A Tabela 3 apresenta o conjunto dos indicadores que compõem o Índice P+L, com seus códigos e respectivas métricas, ou seja, as unidades de medida nas quais são calculados.

Tabela 3 - Conjunto dos indicadores selecionados para composição do Índice P+L

Código	Indicador	Unidade
IM-1	Consumo de Matéria-Prima por Produto Produzido	t / t*
IM-2	Percentual de Matérias-Primas Renováveis Utilizadas	%
IM-3	Percentual de Matérias-Primas Reutilizadas e/ou Recicladas Utilizadas	%
IM-4	Consumo de Produtos Perigosos por Produto Produzido	kg / t*
AG-1	Uso Total de Água Nova por Produto Produzido	m ³ / t*
AG-2	Consumo de Água Captada por Produto Produzido	m ³ / t*
AG-3	Percentual de Utilização de Água de Reúso	%
AG-4	Geração de Efluentes Líquidos Industriais por Produto Produzido	m ³ / t*
AG-5	Geração de Carga Poluidora dos Efluentes Líquidos Industriais Brutos por Produto Produzido	kg de DQO** / t*
AG-6	Grau de Sobreatendimento aos Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais	%
EN-1	Consumo de Total de Energia por Produto Produzido	kWh / t*
EN-2	Consumo de Total de Energia Elétrica por Produto Produzido	kWh / t*
EN-3	Percentual de Energia Produzida Oriunda de Fontes Alternativas	%
RS-1	Geração de Resíduos Sólidos por Produto Produzido	kg / t*
RS-2	Geração de Resíduos Sólidos Perigosos por Produto Produzido	kg / t*
RS-3.1	Percentual de Resíduos Sólidos Enviados para Reciclagem, Reaproveitamento e/ou Reutilização	%
RS-3.2	Percentual de Resíduos Sólidos Enviados para Aterramento	%
RS-4	Taxa de Redução na Geração de Resíduos Sólidos	%

Código	Indicador	Unidade
EA-1	Emissões de Gases de Causadores de Efeito Estufa por Produto Produzido	kg CO _{2eq} / t*
EA-2	Carga Poluidora Atmosférica por Produto Produzido	kg MP** / t*
EA-3	Grau de sobreatendimento aos Padrões de Lançamento de Emissões Atmosféricas	%

* A unidade de mensuração da quantidade de produto produzido ou de matéria-prima consumida poderá ser alterada em função da tipologia industrial selecionada.

** O parâmetro físico-químico do efluente poderá ser alterado conforme a tipologia industrial selecionada.

4.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DO ÍNDICE P+L

O cálculo do índice P+L é realizado com o auxílio de uma plataforma *on-line* (Módulo P+L), onde os empreendedores realizam o preenchimento das informações necessárias e o sistema calcula de forma automatizada o índice P+L para o empreendimento. A seguir são apresentados os principais passos para o cálculo do índice P+L. A coleta de dados é realizada com o preenchimento de uma declaração na plataforma *on-line*, a qual está disponibilizada no portal www.producaomaislimpa.meioambiente.mg.gov.br. As informações devem ser apresentadas de forma anual, tendo como referência o ano base selecionado e as unidades conforme descrito no item 4.1.1.

4.2.1. CÁLCULO DOS INDICADORES DE P+L DE ACORDO COM A METODOLOGIA

Após o preenchimento do formulário na plataforma *on-line* do Módulo P+L, o software realiza os cálculos dos indicadores conforme descrito no item 4.1.1.

4.2.2. NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES EM FUNÇÃO DO BENCHMARK CONSIDERADO PARA O SETOR ESPECÍFICO

A normalização dos indicadores é realizada por regressão linear simples. Para normalizar o indicador, o sistema utiliza a equação 23, no caso em que o desempenho do indicador melhora à medida que se afasta do zero; e a equação 24, quando a melhora do desempenho ocorre com a aproximação do zero.



$Y_i = \left(\frac{1}{\text{Benchmark}} \right) \times I_i$	Eq. 23
$Y_i = 1 - \left(\frac{I_i - \text{Benchmark}}{(\text{Benchmark} \times \text{FM}) - \text{Benchmark}} \right)$	Eq. 24

Onde:

- Y_i é o indicador normalizado;
- I_i é o resultado obtido para o indicador; e
- FM é o fator multiplicador.

Na formulação matemática representada pela equação 23, caso o indicador seja igual ou superior ao *benchmark* considerado, o resultado será 100%. A normalização terá resultado igual a zero unicamente no caso de o indicador ser igual a zero; nos demais casos, assumirá um valor intermediário.

Na formulação representada pela equação 24, o valor da normalização assume 100% caso o indicador seja igual ou inferior ao *benchmark*. A normalização equivalente a zero ocorre quando o indicador assuma um valor igual ou superior ao valor do benchmark multiplicado pelo fator multiplicador. A princípio, o fator multiplicador foi definido como 5 para todos os indicadores e tipologias industriais. Entretanto, este valor pode ser alterado conforme definição do órgão ambiental do Estado. Cabe destacar que quando um benchmark dos indicadores calculados com auxílio da equação 24 é definido como zero, o fator multiplicador passa a ser o limite superior, se tornando assim o valor a partir do qual a nota do indicador será igual a zero.

A definição dos *benchmarks* foi realizada por meio de uma ampla pesquisa bibliográfica e levantamento de dados nos processos de revalidação de licença ambiental de Minas Gerais, sendo definidos valores em função da tipologia industrial. Com a utilização da plataforma *Índice P+L* pelos empreendedores mineiros, serão atribuídos novos valores em função dos resultados verificados.

Caso não seja possível a obtenção dos dados para o cálculo de algum indicador ou mesmo uma esfera, o que pode ocorrer em função da não apresentação dos dados por parte do empreendedor, o empreendimento receberá a nota zero para o referido indicador ou esfera. Caso um determinado indicador não seja aplicável a uma tipologia



industrial, o *software* realizará a redistribuição dos pesos dos indicadores não aplicáveis de forma ponderada para os demais indicadores da esfera.

4.2.3. CÁLCULO DO ÍNDICE PARCIAL PARA CADA UMA DAS 5 ESFERAS QUE COMPÕEM O ÍNDICE P+L

O cálculo do índice parcial para cada esfera é dado pela seguinte expressão:

$I_{\text{Esfera}} = \frac{\sum(I_{i,E})}{P_{\text{Esfera}}}$	Eq. 25
---	---------------

Onde:

$I_{i,E}$ é o índice referente a cada indicador que compõe a esfera considerada;

P_{ESFERA} é a ponderação da esfera para o cálculo do índice P+L.

O cálculo de $I_{i,E}$ é realizado conforme expressão a seguir:

$I_{i,E} = \left(\frac{Y_{i,E} \times P_i}{\sum P_{i,E}} \right) \times P_E$	Eq. 26
---	---------------

Em que:

$Y_{i,E}$ refere-se a cada um dos indicadores normalizados que compõem a esfera considerada;

P_i é o peso ou ponderação do respectivo indicador;

$\sum P_{i,E}$ é a somatório dos pesos ou ponderações relativos aos indicadores da esfera considerada;

$P_E = P_{\text{ESFERA}}$ é a ponderação da esfera para o cálculo do índice P+L



4.2.4. CÁLCULO DO ÍNDICE P+L PARA O EMPREENDIMENTO

O índice P+L é o somatório de todos os indicadores normalizados aplicáveis ao empreendimento multiplicados por sua respectiva ponderação, o que é representado pela seguinte expressão:

$I_{i,E} = \sum(I_{i,E})$	Eq. 27
---------------------------	---------------

Em que:

$I_{i,E}$ é o índice normalizado referente a cada esfera, já calculado anteriormente. Assim, o índice P+L terá como resultado um número entre 0 e 1, sendo que 0 indica o pior nível de P+L considerado na metodologia e 1 o melhor nível que pode ser obtido, caso todos os indicadores atinjam os seus respectivos *benchmarks*.

Os resultados obtidos para cada um dos índices intermediários e indicadores permitem uma análise desagregada dos resultados, possibilitando um apoio na tomada de decisão quanto ao direcionamento dos esforços e investimentos na gestão ambiental do empreendimento visando uma melhoria dos indicadores e um avanço em áreas deficitárias, promovendo, assim, uma melhoria no grau de ecoeficiência da indústria.

4.2.5. CRITÉRIOS DE PONDERAÇÃO

A definição dos critérios de ponderação do índice P+L talvez consista no maior desafio para a consolidação da metodologia como um todo. Esses pesos são necessários para expressar a importância relativa de cada uma das esferas e indicadores na composição final do índice.

Uma das premissas da metodologia é a adoção de um critério único de ponderação para todos os setores alvo. Assim, estabeleceu-se o desafio de criar um critério único de ponderação que viabilizasse a manutenção de uma metodologia simples e universal e que, ao mesmo tempo, permitisse a consideração das grandes diferenças de cada setor em relação aos seus impactos potenciais sobre cada uma das esferas do Índice.



4.2.5.1. DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PONDERAÇÃO PROPOSTOS

De forma a reduzir a subjetividade na definição dos pesos relativos de cada um dos indicadores e esferas que compõem o índice P+L, optou-se pela aplicação do método Delphi de consulta a especialistas.

Tendo em vista que o *índice P+L* será aplicado aos diversos setores da indústria de transformação e que os resultados obtidos com a aplicação do método Delphi resultariam em uma única forma de ponderação do índice para as diferentes tipologias industriais, optou-se por utilizar um segundo critério de ponderação, associado aos resultados do método Delphi, que viabilizasse a inserção das diferenças setoriais na metodologia de cálculo.

Esse segundo critério de ponderação foi a utilização da DN COPAM nº 74/2004, que permitiu relativizar os pesos de cada uma das esferas do índice P+L em função dos diferentes graus de impactos ambientais dos diversos setores industriais. Cabe salientar que a DN COPAM nº 74/2004 foi elaborada a partir de uma ampla consulta a especialistas dos mais diversos setores produtivos, da academia, das agências de regulação e de organizações não governamentais.

Dessa forma, entende-se que a DN COPAM nº 74/2004 pode ser utilizada como um critério adequado para a reponderação das diferentes esferas do índice P+L de acordo com os impactos potenciais sobre os diferentes meios.

Para integração desses dois critérios foi considerado que 50% da ponderação de cada esfera seria obtida pelos resultados do método Delphi e os outros 50% seriam relacionados aos impactos potenciais da atividade, conforme classificação do empreendimento no Anexo Único da Norma citada.

A DN COPAM nº 74/2004 classifica, para o Estado de Minas Gerais, os empreendimentos potencialmente poluidores, de acordo com o seu porte e com o seu potencial poluidor sobre a Água, o Solo e o Ar, como Pequeno, Médio ou Grande. Assim, de acordo com essa classificação, foi possível designar um peso relativo para as esferas ÁGUA, RESÍDUOS SÓLIDOS e EMISSÕES ATMOSFÉRICAS como 1, 2 ou 3, conforme a magnitude do seu impacto potencial para cada uma das tipologias industriais definidas nesta norma. No entanto, a DN COPAM nº 74/2004 não contempla qualquer classificação que possa ser associada às esferas MATERIAIS e ENERGIA do *índice P+L*.



De acordo com o próprio conceito de P+L, esse tipo de estratégia busca a redução na intensidade do uso de matérias e da energia e a redução do uso e descarte de substâncias tóxicas (UNIDO, 1995). Assim, as esferas MATERIAIS e ENERGIA encontram-se no centro do conceito de P+L, permitindo arbitrar que essas esferas devem ser consideradas prioritárias para qualquer setor na sua busca por melhores padrões de P+L.

Portanto, nesse segundo critério de ponderação, pode-se considerar o peso 3 para as esferas MATERIAIS e ENERGIA, complementando os dados necessários para esse critério de ponderação do índice.

4.2.5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI

O método Delphi pode ser definido como uma metodologia para estruturar um processo de comunicação entre um grupo de indivíduos, permitindo sua integração como um todo, para discutir questões complexas. O método vem sendo empregado nas mais diversas áreas de conhecimento, principalmente pela facilidade de obter contribuições individuais diversificadas, com custos reduzidos. (LINSTONE, 1977; JUNQUEIRA, 2006).

O método Delphi foi aplicado para a definição da importância relativa de cada indicador e esfera dentro do índice P+L, para isso foram identificados especialistas, conhecedores do assunto e tomadores de decisão dentro do Estado de Minas Gerais e no Brasil, para a aplicação do método. Elaborou-se um formulário de consulta, que foi encaminhado via e-mail a aproximadamente 350 especialistas, das quais 103 dos responderam à primeira rodada do método.

Nesse formulário solicitou-se a cada um dos pesquisados que atribuísse uma nota entre 1 e 4 para cada indicador e esfera, considerando a seguinte escala:

- 4 – Muito importante
- 3 - Importante
- 2 – Pouco importante
- 1 – Não importante

Além das notas, solicitou-se, ainda, que fossem selecionados 5 indicadores prioritários.

Como o método visa a busca de um consenso entre os participantes, é parte da metodologia a avaliação e tabulação dos resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa e reenvio aos participantes para que, com base nos resultados gerais obtidos nessa primeira fase, permitisse aos participantes alterar ou confirmar sua avaliação inicial em função das respostas consolidadas do grupo.

Na segunda etapa do método, também realizada via e-mail, encaminhou-se um formulário padrão contendo as opiniões dos participantes registradas na primeira etapa, bem como o resultado médio obtido. Foi, ainda, inserido um campo no qual o participante poderia optar por manter a sua opinião ou alterá-la, com base nas informações fornecidas. Dos formulários enviados, foram recebidos apenas 18, que retificaram as opiniões emitidas anteriormente. Conforme citado no e-mail encaminhado na segunda fase da pesquisa, considerou-se a não manifestação por parte do pesquisado como uma confirmação das notas dadas na primeira fase.

O método Delphi foi aplicado para os indicadores selecionados inicialmente. Devido a remoção de dois indicadores na Esfera Materiais e alteração dos indicadores referentes à Esfera Resíduos Sólidos, a ponderação dos indicadores dessas esferas foi recalculada.

Na Esfera Materiais foram removidos os indicadores previamente selecionadas IM-5 - Composição Percentual de Materiais Recicláveis no Produto Final e IM-6 - Composição Percentual de Materiais Perigosos no Produto Final. Para tanto realizou-se a redistribuição do peso relativo aos indicadores removidos para os demais indicadores da esfera, de forma proporcional à participação de cada indicador no peso total da esfera.

Já no caso da Esfera Resíduos Sólidos, a mesma era composta por três indicadores, sendo eles:

- RS-1: Geração de Resíduos Sólidos por Produto Produzido
- RS-2: Geração de Resíduos Sólidos Perigosos por Produto Produzido
- RS-3: Percentuais de Resíduos Sólidos Aterrados, Incinerados, Destinados à Valorização Energética, Reciclados, Reutilizados ou Reaproveitados.

O indicador RS-3 se dividia em três subindicadores que aferiam o percentual de resíduos aterrados; incinerados; destinados ao aproveitamento energético e os resíduos reutilizados, reciclados e reaproveitados. Entretanto, a definição de



benchmarks para os três subindicadores se mostrou bastante complexa, inviabilizando o cálculo do mesmo.

Dessa forma, optou-se por redividir o indicador em apenas dois subindicadores, dividindo o peso do indicador RS-3 de forma igualitária entre os dois indicadores. O indicador RS-3 ficou da seguinte forma:

- RS-3.1: Percentual de resíduos enviados para tratamento, reciclagem, reutilização e reaproveitamento; e
- RS-3.2: Percentual de resíduos sólidos enviados para aterramento.

Além disso, optou-se por inserir um novo indicador, o qual busca avaliar a taxa de geração de resíduos. A ponderação do indicador foi definida como a média dos outros três indicadores que compõem a esfera.

A ponderação final dos indicadores e das esferas é apresentada nas tabelas a seguir.

Tabela 4 - Resultados obtidos com a aplicação do método Delphi e ponderação dos indicadores

Indicador	Nota média	Ponderação	%
IM-1	5,01	0,0706	7,06%
IM-2	5,02	0,0708	7,08%
IM-3	4,94	0,0696	6,96%
IM-4	4,88	0,0687	6,87%
AG-1	3,26	0,0459	4,59%
AG-2	3,61	0,0509	5,09%
AG-3	3,60	0,0507	5,07%
AG-4	3,30	0,0465	4,65%
AG-5	3,51	0,0495	4,95%
AG-6	3,26	0,0459	4,59%
EN-1	3,34	0,0470	4,70%
EN-2	3,02	0,0425	4,25%
EN-3	3,51	0,0494	4,94%
RS-1	2,57	0,0362	3,62%
RS-2	2,67	0,0376	3,76%
RS-3.1	1,29	0,0182	1,82%
RS-3.2	1,29	0,0182	1,82%
RS-4	2,61	0,0367	3,67%
EA-1	3,55	0,0500	5,0%
EA-2	3,44	0,0480	4,80%
EA-3	3,34	0,0470	4,70%

Tabela 5 - Resultados obtidos com a aplicação do método Delphi na priorização das esferas ou grupos.

Esfera	Nº de votos	Ponderação	%
IM	96	0,1996	19,96%
AG	115	0,2391	23,91%
EN	82	0,1705	17,05%
RS	104	0,2162	21,62%
EA	84	0,1746	17,46%

A

Figura 1 apresenta a distribuição dos votos obtidos para cada uma das esferas do índice P+L, resultado este obtido por meio do somatório do número de votos dos indicadores de cada esfera eleitos como prioritários pelos diversos especialistas e tomadores de decisão consultados.

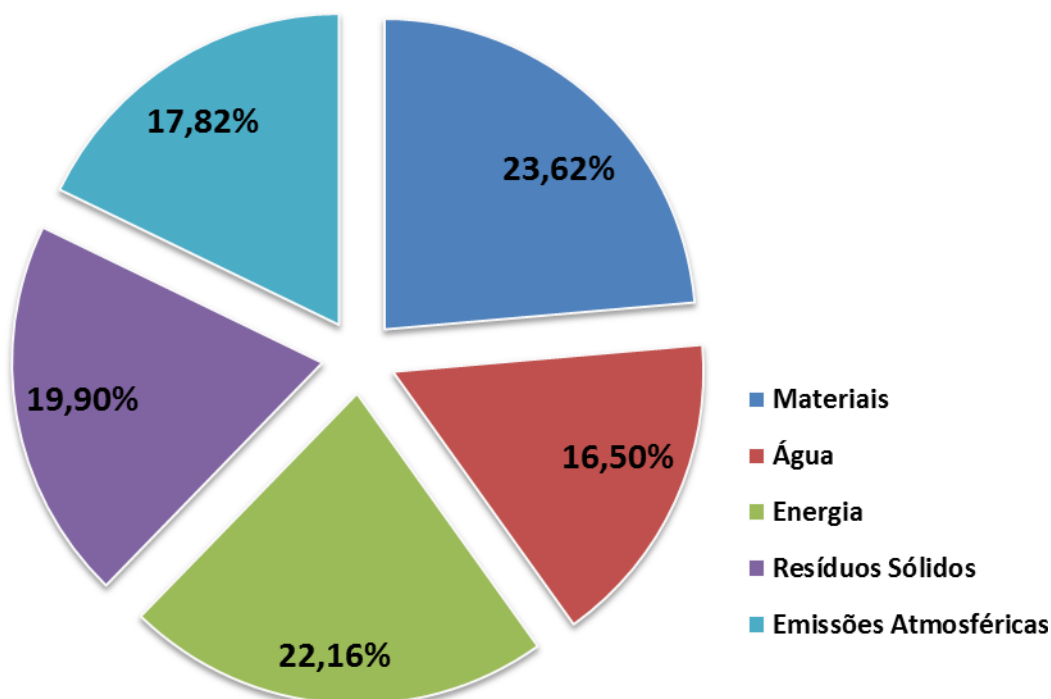


Figura 1 - Percentual de indicadores considerados como prioritários em cada uma das esferas

5. CRITÉRIOS DE APLICABILIDADE

A metodologia de cálculo do índice P+L é aplicável a todos os empreendimentos de pequeno, médio ou grande porte dos setores da indústria de transformação dentro do Estado de Minas Gerais, podendo ser estendida para outras regiões, desde que seja feita a classificação do empreendimento de acordo com a DN COPAM nº 74/2004, bem como a definição de *benchmarks* específicos para cada um dos indicadores.

5.1. RESTRIÇÕES E PRECAUÇÕES NA APLICAÇÃO DA VERSÃO 1.0

O *Índice P+L* tem o objetivo de avaliar a efetividade de ações voltadas à produção mais limpa e sustentável da indústria de transformação de Minas Gerais. A metodologia do P+L pode ser aplicada a qualquer atividade, setor ou processo, tendo sido testada para validação nos seguintes setores: abate de animais, açúcar, siderurgia, têxtil, laticínios, cal, couro, cimento, fundição, metal-mecânico, telhas, móveis e ferro/ligas.

1.2.1 Emissão do Certificado e Relatórios

O *Índice P+L* é o resultado do tratamento e cálculo das informações apresentadas pelos empreendimentos cadastrados na plataforma e as definições metodológicas apontadas neste documento. Essas definições são atribuídos a cada um dos indicadores conforme o grupo e/ou atividades estabelecidas na DN COPAM nº74/2004.

Dessa Forma, o Certificado e o Relatório final do *Índice P+L* só são gerados quando todos os parâmetros são definidos no sistema e o empreendedor presta as informações necessárias para o cálculo. Após o envio da declaração não é possível realizar a alteração nos dados declarados.

Nos casos onde não há definição de algum dos parâmetros necessários ao cálculo, o empreendedor que cadastrar seu empreendimento na plataforma receberá ao final um relatório resumido. Nesses casos de ausência de definição de parâmetros, o órgão ambiental do Estado da Minas Gerais receberá um alerta no sistema para que as definições sejam lançadas. Após o lançamento das definições o empreendedor receberá um comunicado sobre a liberação do certificado e do relatório no sistema.

É válido ressaltar que os parâmetros para cálculo do índice são definidos anualmente conforme o direcionamento estratégico do órgão ambiental do Estado de Minas Gerais.

1.2.2 Unidades Adotadas

Todo o cálculo do *Índice P+L* obedece uma definição matemática lógica de correspondência entre as unidades informadas. O *software* foi desenvolvido com uma parametrização de unidades, que pode variar conforme a definição do administrador do sistema. Para garantir o cálculo adequado, o empreendedor deve preencher a declaração inserindo os dados de acordo com as unidades solicitadas.

1.2.3 Benchmarks

Os *benchmarks* para cálculo dos indicadores são definidos de forma individual por atividade da DN COPAM nº 74/2004, sendo que essa definição possibilita a avaliação quanto ao consumo de matérias-primas, produtividade e a geração de resíduos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos. Apesar de constituir-se uma excelente metodologia de avaliação da indústria de transformação, os parâmetros de *benchmarks* possuem algumas limitações e ausência de um referencial nacional coeso. Por isso, o aprimoramento do *Índice P+L*, principalmente quanto a definição dos benchmarks⁴, por meio da participação dos empreendedores no cadastro é fundamental. Inicialmente podem haver inconsistências, devido as especificidades de algumas atividades que não possuem *benchmarks* definidos de forma adequada. Contudo, a ferramenta desenvolvida possui alta capacidade de adaptabilidade e evolução ao longo do tempo, de modo que as inconsistências serão identificadas e sanadas nas mudanças dos ciclos anuais a partir da experiência de uso do *software* e das estratégias do órgão ambiental de Minas Gerais.

1.2.4 Indisponibilidade de Informações

O não preenchimento de alguma informação solicitada na declaração por indisponibilidade de dados por parte do empreendedor resultará em uma nota zero para o indicador correspondente, tendo em vista que a não declaração impossibilita o cálculo do indicador, além de representar ausência de monitoramento e controle de algum aspecto relevante do empreendimento por parte do empreendedor.

1.2.5 Dados Autodeclarados

O preenchimento da declaração para cálculo do índice P+L é voluntário e os dados informados para cálculo são autodeclarados pelo empreendedor. O preenchimento dessas informações na plataforma é de inteira responsabilidade do usuário declarante,

⁴ A partir das informações prestados pelos usuários, novos *benchmarks* serão estabelecidos



que deve realizar o preenchimento com coerência conforme o praticado no empreendimento.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-ISO 14.031 – Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 38p.

ALMEIDA F. *O Bom Negócio da Sustentabilidade*. 1.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 192p.

Cleaner Production: Key Elements – UNEP DTIE Cleaner Production, http://www.unepie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm (21/07/2016).

COELHO, Hosmanny Mauro Goulart et al. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. *Engenharia Ambiental e Sanitária*, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p.307-316, jul. 2011. Bimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a14.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

CPDS – Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. *Agenda 21 Brasileira: Ações prioritárias*. 1.ed. Brasília: CPDS, 2002. 160p.

CNTL. *Qual a vantagem de se adotar Produção mais Limpa*. Manual. Porto Alegre: CNTL, 1998.

DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. *Environmental Key Performance Indicators: Reporting guidelines for UK business*. London: Nobel House, 2006. 74p.

EPA. *Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry*. EPA-625/R-96/004. Washington, D.C.:US Government Printing Office, 1996.299p.

GOMBAULT, M., VERSTEEGE, S. Cleaner production in SMEs through a partnership with (local) authorities: successes from the Netherlands. *J. Cleaner Prod.*, Vol. 7, pp. 249-261, 1999.

GRI – Global Reporting Initiative. *Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade*. Versão 3.0 (Português). São Paulo, 2006. 47 p.



IBS. Siderurgia Brasileira: RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE, Rio de Janeiro, 2007.

IFC. *General EHS Guidelines*. World Bank, 2007. Disponível em <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

IISI. Steel: The Foundation of a Sustainable Future - Sustainability Report of the World Steel Industry, Bruxelas, 2005

IUCN; UNEP; WWF. *Carrying for the Earth: a strategy for survival*. 1.ed. London: Mitchell Baeztesy, 1993. 159p.

LINSTONE HUOLD A. e TUROFF, MURRAY. *The Delphi Method*, USA, 1977.

MACHADO, R. M. G. *et al.* Controle Ambiental em Pequenas e Médias Indústrias de Laticínios. Projeto Minas Ambiente. 1 ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 2002. 224 p.

NPPC – National Pollution Prevention Center for Higher Education. *Pollution Prevention – Concepts and Principles*. Introductory Pollution Prevention Materials. Ann Arbor: University of Michigan, 1995. 18p.

PACHECO, J.W.F. *Curtumes*. São Paulo: CETESB, 2005. 76p. (Série P+L).

PNUMA/IMA. *Producción más Limpia: un paquete de recursos de capacitación*. 1ª ed.(español). Ciudad de Mexico: PNUMA/IMA, 1999. 5 partes.

RIBEIRO, J. C. J. *Indicadores Ambientais: avaliando a política de meio ambiente no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: SEMAD, 2006. 304p.

RODHE, H. *Preventive environmental strategies in eastern european industry – An analysis of donor support for cleaner production*. PhD Thesis. IIIIEE – Lund University, Sweden. 202p. 2000.

SAISANA, M.; TARANTOLA, S. *State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and the Security of the Citizen, Technological and Economic Risk Management Unit, 2002.

UNCTAD. *A Manual for the Prepares and Users of Eco-efficiency Indicators*. Version 1.1. Geneva and New York: UNCTAD, 2004.113p.



UNEP – United Nations Environmental Programme. *Cleaner Production Assessment in Dairy Processing*. Paris: UNEP, 2000. 367p.

UNIDO – CP, UNIDO – The NCPC Programme, <http://www.unido.org/doc/5133> (25/10/2004).

UNIDO. In: NGO FORUM ON CLEANER INDUSTRIAL PRODUCTION, 1995,. Vienna. *Unido Programme on Cleaner Industrial Production*. UNIDO, 1995. 13p.

UNIDO. *Sustainable Industrial Development: UNIDO Position*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 1998. 20p. (Posicionamento institucional).

VAN BERKEL, R.; WILLENS, E.; LAFLEUR, M. The relationship between cleaner production and industrial ecology. *J. Industrial Ecology*., Cambridge, MA., Vol. I, No. 1, pp. 51-66, 1997.

VARFAILLIE, H.; BIDWELL, R. *Medir a Ecoeficiência: Um guia para comunicar o desempenho da empresa*. Lisboa: WBCSD, 2000. 36p.

WBCSD. *Towards a Sustainable Cement Industry: key performance indicators*. Geneva-Switzerland: World Business Council for Sustainable Development, 2002. 14p

WBCSD, UNEP. *Cleaner production and Ecoefficiency: complementary approaches to sustainable development*. Geneva-Switzerland: World Business Council for Sustainable Development, 1998. 12p. (Informativo).

ZWETSLOOT, G., GEYER, A. The essential elements for successful cleaner production programmes. *J. Cleaner Prod.*, Vol. 4, No. 1, pp. 29-39, 1996

