

III-079 - UTILIZAÇÃO DE PESQUISA DE OPINIÃO PELO MÉTODO DELPHI PARA SELEÇÃO E PONDERAÇÃO DE INDICADORES DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Hosmanny Mauro Goulart Coelho⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Mestre e Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialista em Fontes Alternativas de Energia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Engenheiro da SANAG Engenharia de Saneamento LTDA e membro da ABES/AIDIS.

Liséte Celina Lange

Química e Doutora em Tecnologia Ambiental pelo Imperial College – London University. Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG).

Lucas Filipe Lucena Jesus

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisador de Iniciação Científica.

Matheus Rennó Sartori

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisador de Iniciação Científica.

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia – Campus Pampulha – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Bloco 2 – Sala 4628 – Belo Horizonte – Minas Gerais – CEP: 30270-901 – Brasil - Tel: +55 (31) 3409-1039 - Fax: +55 (31) 3409-1879 - e-mail: hosmanny@hotmail.com

RESUMO

Com o intuito de apoiar o gerenciamento de resíduos sólidos em indústrias, vem sendo realizada uma pesquisa acadêmica de desenvolvimento de índices e indicadores voltados para avaliação e apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos de industriais, em que se destaca o Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais (IDRSI). Ele é formado por sub-índices e indicadores que avaliam, em quesitos específicos e comparativos temporais, tipológicos, entre setores industriais, e mesmo entre regiões e países, a eficácia de cada parâmetro componente do IDRSI. Para a seleção e ponderação dos indicadores do IDRSI, foi utilizada uma pesquisa de opinião de especialista pelo o Método Delphi, cujo desenvolvido é apresentado neste trabalho. Esse método consiste em um procedimento de pesquisa baseado na consulta de especialistas, com objetivo de atingir um consenso, que deve ser obtido por meio do envio de questionários e da posterior análise do *feedback* até que haja uma convergência de respostas. Existem duas formas de execução do Método Delphi: a “Conferência Delphi”, em que um computador faz a análise de *feedbacks* no instante em que são enviadas as respostas; e a maneira Convencional, em que as respostas chegam ao pesquisador, que então avalia o *feedback*, e depois, se necessário, reenvia os questionários. Neste trabalho foi utilizado o Delphi convencional para avaliação de 31 indicadores de destinação de resíduos sólidos industriais pré-selecionados. A pesquisa foi aplicada a 330 participantes de 3 grupos alvos compostos por profissionais que atuam no setor de resíduos (acadêmicos, técnicos de órgãos ambientais e profissionais do setor) das 5 regiões brasileiras. Como resultado da pesquisa Delphi foram eliminados 11 dos 31 indicadores avaliados, restando 20 indicadores para compor o IDRSI. A taxa de adesão obtida pela pesquisa foi de 55,7% e verificou-se que o Método Delphi foi adequado para a definição dos indicadores componentes do Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais (IDRSI) e seus respectivos pesos, obtendo-se convergência nas respostas após três rodadas de questionários. Dessa forma, os objetivos que culminaram na utilização do Método Delphi foram totalmente cumpridos, indicando o sucesso de sua escolha.

PALAVRAS-CHAVE: Pesquisa de Opinião, Método Delphi, Gerenciamento de Resíduos, Resíduos Industriais, Indicadores.

INTRODUÇÃO

Há, atualmente, uma crescente preocupação relacionada ao gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, uma vez que, todos os dias, milhões de toneladas destes são geradas. A destinação desses resíduos produz impactos diversos ao meio-ambiente. Assim, torna-se necessária a implantação de medidas que visem reverter essa situação. Em um quadro geral, por meio da conscientização da sociedade e, mais especificamente, pelo estabelecimento de padrões de qualidade ambiental a serem seguidos.

A busca por maior eficiência ambiental nas indústrias depende de um conhecimento prévio sobre os dados intrínsecos ao seu setor industrial. Assim, o desenvolvimento de um índice para o gerenciamento de resíduos sólidos permitirá que se avalie essa eficiência ambiental para então estabelecer estratégias que levarão a uma produção mais limpa.

Nesse contexto, diferentes indicadores têm sido formulados para qualificar e/ou quantificar a situação das atividades industriais nas mais diversas áreas de interesse, tais como na produção, economia e no meio ambiente.

Diante disso, vem sendo realizado um grande trabalho de desenvolvimento de índices e indicadores voltados para avaliação e apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos de industriais, em que se destaca o Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais (IDRSI). Sua escala de variação é de zero a um, sendo que o valor de eficiência máxima é um. Ele possui sub-índices e indicadores que avaliam, em quesitos específicos e comparativos temporais, tipológicos, entre setores industriais, e mesmo entre regiões e países, a eficácia de cada parâmetro componente do IDRSI.

Para a seleção e ponderação dos indicadores do IDRSI, foi utilizada uma pesquisa de opinião de especialista pelo o Método Delphi, cujo desenvolvido é apresentado neste trabalho.

De fato, a partir dos resultados do Delphi, foram estabelecidos os indicadores relevantes e obtidos os respectivos pesos de contribuição de cada indicador para o IDRSI. Assim, viabilizou-se a configuração do índice de maneira não-arbitrária, coerente com a realidade do mercado e a finalidade acadêmica da pesquisa.

Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento de resíduos sólidos, sejam urbanos ou industriais, passam obrigatoriamente pelas etapas de geração, coleta, armazenamento, transporte e destinação (tratamento ou disposição final).

A destinação deve obedecer ao clássico conceito da hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos, que se orienta, nesta ordem de prioridade, da não-geração até a destinação final, passando pela minimização da geração, reutilização, reciclagem e tratamento (neste trabalho entende-se que a minimização da geração de resíduos consiste numa forma de destinação).

Contudo, apesar de existirem esforços no sentido de avaliar conceitos como o de Produção Mais Limpa, observa-se uma lacuna quanto a mecanismos de avaliação da destinação de resíduos sólidos, que potencialmente auxiliariam as tomadas de decisão acerca deste assunto.

Índices e Indicadores Ambientais

Duas das ferramentas mais utilizadas para avaliação do desempenho ambiental são os índices e indicadores. Segundo a EEA(2005), um indicador é uma medida tipicamente quantitativa que pode ser usada para ilustrar e comunicar fenômenos complexos de maneira simples, fornecendo uma pista sobre assuntos significativos ou tornando perceptível uma tendência ou fenômeno que não é imediatamente observável.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) foi a primeira organização internacional a desenvolver e publicar um conjunto de indicadores ambientais, no início da década de 90. Segundo o modelo adotado pela organização, os indicadores podiam ser classificados como sendo: i) de pressão, que refletem a causa de um fenômeno; ii) de estado, que quantificam o estado de algum elemento do meio ambiente; iii) ou de resposta, que refletem a reação a uma pressão previamente estabelecida.

Já os índices ambientais podem ser definidos como um conjunto de indicadores agregados através de uma formulação matemática, que propiciam uma visão geral de fenômenos que dependem de um grande número de variáveis.

Saisana e Tarantola (2002) descrevem o método mais comum de desenvolvimento de índices como sendo constituído pelas 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 abrangência do índice.

Apesar destes procedimentos estarem claramente definidos, a etapa de seleção de indicadores consiste num momento crítico dado o elevado caráter subjetivo da escolha. Um dos métodos mais utilizados para resolver problemas com elevado grau de subjetividade, amplamente utilizado no meio científico, consiste no Método Delphi.

O Método Delphi

O método Delphi consiste numa metodologia de pesquisa que se caracteriza pela consulta a um grupo de especialistas, com o objetivo de atingir um consenso em relação algum problema ou assunto. Resumidamente, essa consulta é feita através de questionários, que são reenviados até a convergência das respostas.

De forma geral, uma pesquisa é passível de ser desenvolvida através do Delphi quando (LINSTONE e TUROFF, 2002): o problema não se presta a uma solução analítica precisa, mas pode ser minimizado quando julgado de forma coletiva; a heterogeneidade das pessoas a serem consultadas deve ser preservada, como uma forma de validar o estudo; e quando essa heterogeneidade é acentuada, gerando intensa divergência ideológica, devendo o processo de comunicação ser feito anonimamente.

A aplicação do método deve respeitar alguns princípios básicos, indo desde a troca de informações entre os painelistas, de forma a eliminar o teor de individualidade dos estudos, até o anonimato das respostas, para que a opinião de painelistas amplamente reconhecidos não influencie os outros pontos de vista. Além disso, deve ser preservada a possibilidade de revisão das respostas com base no ponto de vista de todo o grupo consultado, o que é conseguido através da aplicação dos questionários em várias rodadas, atingindo a convergência das respostas.

A Tabela 1 apresenta algumas vantagens e desvantagens do uso do método Delphi.

Tabela 1: Principais vantagens e desvantagens do Método Delphi.

Vantagens	Desvantagens
Possibilidade de fazer previsões mesmo em situações de carência de dados históricos	Possibilidade de se forçar o consenso indevidamente, no caso de má formulação do questionário
A reflexão sobre as opiniões de diversos especialistas traz muita informação aos estudos	Possibilidade da introdução de viés, com base numa escolha equivocada dos respondentes
O anonimato dos painelistas, o que faz com que o status do respondente ou sua capacidade de oratória não influencie na validade de seus argumentos	Demora excessiva para a obtenção dos resultados. O prazo usual para aplicação completa varia muito, podendo ser de 4 a 12 meses
Existe a possibilidade de participação de um grande número de respondentes, o que induz à criatividade e confere credibilidade ao estudo	Este método é de baixa adesão; a abstenção é de 30% a 50% na primeira rodada e de 20% a 30% na segunda rodada.

Fonte: Adaptado de Wright (2000).

OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem por finalidade a seleção e a ponderação de Indicadores de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais, por meio de uma pesquisa de opinião com especialistas relacionados à área específica, utilizando o Método Delphi.

METODOLOGIA UTILIZADA

Método Delphi Convencional

Nesta pesquisa, a seleção e a ponderação dos Indicadores de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais foram feitas a partir de uma pesquisa de opinião de especialistas por meio do Método Delphi. A pesquisa em questão preferiu o Delphi Convencional que é a forma mais comum de execução da técnica. Ela se iniciou com a elaboração de um questionário enviado aos respondentes, ou painelistas.

Após o recebimento das respostas dessa primeira rodada, os dados foram analisados, estatisticamente tratados e enviados, juntamente com um novo questionário, iniciando uma nova rodada. Isso possibilitou aos especialistas a alteração de suas respostas com base nas escolhas do grupo. Esse processo é lento, o que, por si só, é uma desvantagem; entretanto, apresenta a vantagem de fornecer tempo para efetuar as análises necessárias e para a elaboração de novos questionários.

Pré-seleção dos Indicadores

A utilização do Método Delphi convencional, foi antecedida pela pré-definição de alguns indicadores para comporem o formulário a ser enviado aos especialistas cotados para responder a pesquisa. A pré-seleção desses indicadores foi baseada em uma revisão de outros indicadores ambientais já utilizados, com destaque para os integrantes de Relatórios de Avaliação do Desempenho Ambiental de Indústrias (RADAs), os sugeridos pela norma internacional ISO 14.031 (ABNT, 2004), os propostos pela OECD (2001, 2008) e os preconizados pela *Global Reporting Initiative* (GRI, 2006).

Assim, foi elaborado um questionário contendo 31 (trinta e um) indicadores, que se agruparam em 7 (sete) sub-índices: o de Minimização da Geração de Resíduos (IMR), o de Reutilização/Reaproveitamento (IRR), o de Reciclagem (IRC), o de Co-processamento de Resíduos (ICO), o de Incineração de Resíduos (IIN), o de Disposição Final de Resíduos (IDF) e o de Resíduos Estocados (IES). Os indicadores propostos neste trabalho se enquadram no modelo Pressão – Estado – Resposta, desenvolvido pela OECD (2001, 2008) para indicadores ambientais. Dentre os 31 indicadores pré-selecionados para o índice IDRSI, 7 apresentam características de indicadores de Resposta e os outros 24 de Pressão.

Pré-teste

Os indicadores pré-selecionados integrantes dos grupos acima mencionados foram submetidos a um pré-teste, similar a uma aplicação em pequena escala do Método Delphi, envolvendo 10 profissionais do setor e acadêmicos. Uma vez que houve convergência nos resultados, todos eles foram mantidos para a realização da próxima etapa.

Formulação da Pesquisa Delphi

De posse dos indicadores pré-selecionados, foi elaborado um questionário composto pelos 31 indicadores, aos quais os participantes da pesquisa deveriam atribuir um valor na escala de 1 (um) a 5 (cinco), de acordo com a seguinte distribuição:

- 5 – Indicador MUITO IMPORTANTE;
- 4 – Indicador IMPORTANTE;
- 3 – Indicador RELEVANTE;
- 2 – Indicador NÃO RELEVANTE;
- 1 – Indicador DISPENSÁVEL.

Além disso, os painelistas deveriam indicar os cinco indicadores que julgassem mais importantes dentre os demais. Uma vez elaborado, o formulário de pesquisa foi enviado por correio eletrônico a cada participante,

anexo a uma carta de apresentação da pesquisa proposta explicando os objetivos da pesquisa e a forma correta de preenchimento do formulário.

Escolha dos Painelistas

Considerando os princípios para a aplicação do Método Delphi, foi definida uma amostra de 330 (trezentos e trinta) especialistas para o preenchimento do formulário. Esses painelistas foram divididos em três grupos, de acordo com sua atuação na área de resíduos sólidos, são eles: acadêmicos, técnicos de órgãos ambientais, profissionais do setor. E também foram buscando painelistas das 5 regiões brasileiras. A distribuição dos painelistas por região e atuação na área de resíduos sólidos é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição dos Painelistas por Região e Atuação na Área de Resíduos Sólidos.

Região Brasileira	Grupos Alvos da Pesquisa			Total de Painelistas
	Acadêmicos	Órgãos Ambientais	Profissionais do Setor	
Centro-oeste	4	7	10	21
Nordeste	14	8	4	26
Norte	5	5	2	12
Sudeste	54	61	127	242
Sul	13	9	7	29
TOTAL	90	90	150	330

Essa divisão é coerente com o princípio do Método Delphi em relação à heterogeneidade dos painelistas de forma a garantir a validade do estudo.

Envio dos Formulários e Recepção das Respostas

Uma vez concebidos os formulários e escolhidos os painelistas foi possível realizar a pesquisa de opinião seguindo os princípios estabelecidos pelo Método Delphi. Assim, os formulários foram enviados para os especialistas escolhidos, via correio eletrônico, em uma primeira rodada.

Após o recebimento das respostas, foram extraídas a média, a mediana, a moda e a frequência acumulada das modas dos escores atribuídos pelos painelistas antes do envio dos formulários referentes à segunda rodada.

Na segunda rodada foi enviado o mesmo formulário de preenchimento, porém com a adição das informações estatísticas supracitadas para cada indicador. Dessa forma, mais uma vez seguindo os princípios básicos do método utilizado, foi dada aos painelistas a possibilidade de revisão de suas respostas iniciais com base no ponto de vista geral do grupo consultado.

De tal modo, que essa troca de informações com a opinião geral propiciou a eliminação da individualidade dos estudos. Novamente, os resultados obtidos foram tabulados e analisados, e, em seguida, redigiu-se um formulário com os resultados finais da pesquisa, que foram enviados aos painelistas.

Para o presente estudo, foram necessárias três rodadas, que levaram aproximadamente 6 meses para serem concluídas. O que se justifica uma vez que a reaplicação do questionário em várias rodadas possibilita, naturalmente, a convergência de respostas.

Apuração dos Resultados do Delphi

Após a análise e tabulação dos resultados obtidos pelo Método Delphi, foram considerados indicadores integrantes do IDRSI, os que passaram pelos seguintes critérios:

- obtiveram no geral, média ou moda iguais ou superiores às notas 4 e 5;
- foram selecionados pelos 3 grupos alvos simultaneamente;
- apresentaram frequência acumulada da moda no 2º quartil, ou seja, frequência maior ou igual a 50%.

Para a definição do peso de cada indicador, foi utilizada a frequência acumulada da moda de suas notas. Essas frequências foram ponderadas em função da quantidade de indicadores em um mesmo item de avaliação. Assim, o IDRSI consiste na média ponderada segundo os pesos obtidos pelo tratamento estatístico dos indicadores selecionados e normalizados em valores de zero a um.

A formulação matemática do índice objetivou agregar os indicadores na combinação para o cálculo final do IDRSI. Assim sendo, utilizaram-se os métodos Somatório e o Produtório, conforme apresentado nas Equações 1 e 2, para avaliar e comparar os resultados dos cálculos do IDRSI.

$$IDRSI = \sum_{i=1}^n w_i q_i \quad \text{Equação (1)}$$

$$IDRSI = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

w_i = peso atribuído a cada indicador cujo somatório é igual a 1; q_i = valor normalizado do indicador; i = indicador de destinação de resíduos sólidos industriais incluído no índice; n = número total de indicadores do índice.

RESULTADOS OBTIDOS

Pesquisa de Opinião – Método Delphi

No presente caso, 55,7% dos correios eletrônicos enviados foram respondidos, o que representa uma excelente participação, possivelmente atingida devido à facilidade e rapidez do preenchimento dos questionários. A taxa de adesão dos painelistas pode ser observada na Tabela 3. Já a Tabela 4 mostra os resultados de taxas entre pesquisas Delphi.

Tabela 3: Adesão à Pesquisa Delphi Realizada.

Grupo alvo	Emails Validos	Respostas recebidas	Taxa de adesão
Acadêmicos	86	52	60,5%
Profissionais do setor	141	78	55,3%
Técnicos de órgãos ambientais	80	41	51,3%
TOTAL	307	171	55,7%

Tabela 4: Comparação da Taxa de Adesão entre Pesquisas Utilizando o Método Delphi.

Pesquisa	Nº de especialistas	Nº de respostas recebidas	Taxa de adesão
Indicadores de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais	307	171	55,7%
Fatores Intervenientes no Desempenho de Unidades de Triagem e Compostagem de RSU (VIMIEIRO, 2009)	43	19	44,2%
Índice de Qualidade da Água (1970)	142	77	54,2%
Índice de Qualidade para Água Bruta (SOUZA e LIBÂNIO, 2009)	24	18	75,0%
Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água (LOPES e LIBÂNIO, 2005)	18	16	88,9%
Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Indústria Têxtil (PADILHA, 2005)	-	-	56%

Analisando-se as Tabelas 3 e 4, observa-se que a taxa de adesão obtida nesta pesquisa quando comparada com outras pesquisas que também utilizaram o Método Delphi se mostra similar, mesmo com um número superior de painelistas consultados.

É importante destacar que a pesquisa envolveu um grande trabalho de organização e tratamento de dados, pois considerando os 330 painelistas, os 31 indicadores e as rodadas do Delphi, foram manipulados um quantitativo final de aproximadamente 30.000 (trinta mil) valores.

Composição do Índice IDRSI

A partir dos resultados do Delphi e dos respectivos critérios definidos para sua apuração, foram eliminados 11 dos 31 indicadores pré-selecionados.

Os indicadores foram eliminados de acordo com os seguintes critérios:

- 3 dos indicadores avaliados (MR-3, RR-3 e RC-3) foram eliminados porque obtiveram, no geral, média e moda inferior a nota 4;
- 7 dos indicadores avaliados (CO-1, CO-2, IN-1, IN-2, DF-1, DF-2, ES-1 e ES-2) foram eliminados porque não apresentaram frequência acumulada da moda acima do 2º quartil.

Logo, restaram 20 indicadores que foram definidos para formar os respectivos sub-índices, e consequentemente para compor o IDRSI, os quais são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Indicadores definidos para serem utilizados no índice IDRSI.

Código	Descrição do Indicador
MR-1	$\frac{[\text{total de resíduos gerados no ano atual (t)} / \text{total de produtos produzidos no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos gerados no ano anterior (t)} / \text{total produtos produzidos no ano anterior (t)}]}$
MR-2	$\frac{[\text{resíduos classe I (perigosos) gerados no ano atual (t)} / \text{total produtos produzidos no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I (perigosos) gerados no ano anterior (t)} / \text{total produtos produzidos no ano anterior (t)}]}$
MR-4	$\frac{[\text{resíduos classe I (perigosos) gerados no ano atual (t)} / \text{total resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I (perigosos) gerados no ano anterior (t)} / \text{total resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
RR-1	percentual total de resíduos reutilizados ou reaproveitados em relação ao total de resíduos gerados no ano atual (%)
RR-2	$\frac{[\text{total de resíduos reaproveitados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos reaproveitados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
RR-4	percentual de substituição de combustível não renovável na produção decorrente da reutilização ou reaproveitamento de resíduos no ano (%)
RR-5	percentual de substituição de matéria-prima decorrente da reutilização ou reaproveitamento de resíduos no ano (%)
RR-6	percentual de resíduo total transferido a outra indústria para substituição de matéria-prima ou aproveitamento energético (%)
RC-1	percentual de total de resíduos reciclados em relação ao total de resíduos gerados no ano atual (%)
RC-2	$\frac{[\text{total de resíduos reciclados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos reciclados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
RC-4	percentual de substituição de combustível não renovável na produção decorrente da reciclagem de resíduos no ano atual (%)
RC-5	percentual de substituição de matéria-prima decorrente da reciclagem de resíduos no ano atual (%)
CO-3	$\frac{[\text{total de resíduos co-processados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos co-processados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
CO-4	$\frac{[\text{resíduos classe I co-processados no ano atual (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I co-processados no ano anterior (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano anterior (t)}]}$
IN-3	$\frac{[\text{total de resíduos incinerados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos incinerados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
IN-4	$\frac{[\text{resíduos classe I incinerados no ano atual (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I incinerados no ano anterior (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano anterior (t)}]}$
DF-3	$\frac{[\text{total de resíduos aterrados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos aterrados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
DF-4	$\frac{[\text{resíduos classe I aterrados no ano atual (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I aterrados no ano anterior (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano anterior (t)}]}$
ES-3	$\frac{[\text{total de resíduos estocados no ano atual (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano atual (t)}]}{[\text{total resíduos estocados no ano anterior (t)} / \text{total de resíduos gerados no ano anterior (t)}]}$
ES-4	$\frac{[\text{resíduos classe I estocados no ano atual (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano atual (t)}]}{[\text{resíduos classe I estocados no ano anterior (t)} / \text{resíduos classe I gerados no ano anterior (t)}]}$

Além disso, a ponderação de cada um desses indicadores foi obtida, tornando possível escrever as equações de cálculo do IDRSI, tanto pela equação do somatório quanto pela do produtório, conforme apresentado a seguir.

Pesos Obtidos para os Indicadores do IDRSI

Os pesos dos indicadores do IDRSI foram definidos utilizando as frequências acumuladas das modas das notas dos participantes do Delphi para os indicadores selecionados para compor o índice. Deve-se salientar que o as frequências foram ponderadas em função da quantidade de indicadores em um mesmo item de avaliação.

Os pesos obtidos para cada um dos indicadores são apresentados na Tabela 6, onde se observa que o somente o sub-índice de minimização de resíduos (IMR) representa quase 20% do IDRSI demonstrando a preocupação dos painelistas com a não geração e a diminuição dos resíduos sólidos.

Além disso, ao considerarmos a soma dos sub-índices de reaproveitamento (IRR) e reciclagem (IRC) e do IMR, o percentual atinge 53,8 % do IDRSI, evidenciando ainda mais a importância das atividades de gerenciamento de resíduos focadas na minimização, no reaproveitamento e na reciclagem no setor industrial, visando à sustentabilidade ambiental.

É importante os percentuais de cada sub-índices, pois a partir disso se consegue visualizar onde o gestor industrial deve atuar para melhorar o seu IDRSI.

Tabela 6: Pesos utilizados obtidos para os Indicadores do IDRSI.

Sub-índice	Código do Indicador	Pesos Obtidos	Percentual do IDRSI (%)
Minimização (IMR)	MR-1	0,068	19,6
	MR-2	0,066	
	MR-4	0,062	
Reaproveitamento (IRR)	RR-1	0,038	17,3
	RR-2	0,035	
	RR-4	0,033	
	RR-5	0,033	
	RR-6	0,034	
Reciclagem (IRC)	RC-1	0,046	16,9
	RC-2	0,042	
	RC-4	0,039	
	RC-5	0,042	
Co-processamento (ICO)	CO-3	0,058	11,8
	CO-4	0,060	
Incineração (IIN)	IN-3	0,059	11,7
	IN-4	0,058	
Disposição Final (IDF)	DF-3	0,062	12,3
	DF-4	0,061	
Estocagem (IES)	ES-3	0,052	10,4
	ES-4	0,052	

Equações de Cálculo do IDRSI

A partir das Equações 1 e 2, e considerando os pesos obtidos e apresentados na Tabela 6 foram escritas as equações de somatório e produtivo para cálculo dos sub-índices (IMR, IRR, IRC, ICO, IIN, IDF e IDEs), como exemplo apresenta-se as Equações 3 e 4.

$$IRR = 0,038q_{RR-1} + 0,035q_{RR-2} + 0,033q_{RR-4} + 0,033q_{RR-5} + 0,034q_{RR-6} \quad \text{Equação (3)}$$

$$IRR = q_{RR-1}^{0,038} \cdot q_{RR-2}^{0,035} \cdot q_{RR-4}^{0,033} \cdot q_{RR-5}^{0,033} \cdot q_{RR-6}^{0,034} \quad \text{Equação (4)}$$

Por fim, de posse dos valores de cada um dos sub-índices pode calcular o IDRSI produtivo e somatório, conforme apresentado pelas Equações 5 e 6.

$$IDRSI = IMR + IRR + IRC + ICO + IIN + IDF + IES \quad \text{Equação (5)}$$

$$IDRSI = IMR \cdot IRR \cdot IRC \cdot ICO \cdot IIN \cdot IDF \cdot IES \quad \text{Equação (6)}$$

CONCLUSÕES

Verificou-se que o Método Delphi foi adequado para a definição dos indicadores componentes do Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais (IDRSI) e seus respectivos pesos. Isso porque, apesar de o processo de obtenção final dos resultados ter se prolongado, houve convergência nas respostas após três rodadas de questionários.

Com base no tratamento estatístico dos resultados obtidos, foi possível ainda determinar os pesos de contribuição de cada indicador para a obtenção do Índice final.

Dessa forma, os objetivos que culminaram na utilização do Método Delphi foram totalmente cumpridos, indicando o sucesso de sua escolha.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica cedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – NBR ISO 14031 (2004). Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Norma Técnica. ABNT, Rio de Janeiro - RJ, 32 p. 2004.
2. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA. *EEA core set of indicators Guide*. EEA Technical report n. 1/2005. ISSN 1725-2237. 2005.
3. GLOBAL REPORTING INICIATIVE – GRI. Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade. Versão 3.0 (Português). São Paulo. 47p. 2006.
4. LINDSTONE, H. A., TUROFF, M. The Delphi Method: techniques and applications. E-Book 2002.
5. LOPES, V. P., LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA). Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 318-328, 2005.
6. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. *Key Environmental Indicators*. Paris. 36p. 2001.
7. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. *Key Environmental Indicators*. Paris. 38p. 2008.
8. PADILHA, M. L. M. L. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para o Setor Têxtil. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). 311 p. 2009.
9. SAISANA, M.; TARANTOLA, S. *State-of-the-art Report On Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development*. Joint Research Centre – European Commission. Italy. 72p. 2002.

10. SOUZA, M. E. T. A., LIBÂNIO, M. Proposta de índice de qualidade para água bruta afluyente a estações convencionais de tratamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 471-478, 2009.
11. VIMIEIRO, Gisele Vidal; LANGE, L. C. Utilização do método Delphi para definição dos fatores intervenientes no desempenho de unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos. *In: 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2009, Recife-Pe. *Anais do 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2009, v. 1, p. 1-8.
12. WRIGHT, J. T. C., GIOVINAZZO, R. A. Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*. São Paulo, v. 01, nº 12, 2º trim/2000.