

## **Análise da eficiência de índice de qualidade para usinas de triagem e compostagem**

Quality index efficiency analysis for sorting and composting plants

Análisis de eficiencia del índice de calidad para plantas de clasificación y compostaje

Recebido: 11/07/2022 | Revisado: 04/08/2022 | Aceito: 06/08/2022 | Publicado: 16/08/2022

**Karla Gonçalves Macedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2595-6661>  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [karla.macedo@uemg.br](mailto:karla.macedo@uemg.br)

**Patricia Alves Martins dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2614-4590>  
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [patricia.martins@uemg.br](mailto:patricia.martins@uemg.br)

### **Resumo**

O objetivo geral do artigo é analisar a eficiência de índice de qualidade direcionado para usinas de triagem e compostagem a fim de avaliar a qualidade operacional, organizacional e ambiental de usinas de triagem e compostagem por meio do modelo de Força motriz – Pressão – Impacto – Estado – Resposta (FPIER), assim como avaliar se o referido índice estabeleceu vínculos de causa e efeito que fundamentam o modelo FPIER para assim qualificar os empreendimentos como em condições inadequadas, aceitáveis ou adequadas. O índice analisado foi estruturado na forma de questionário envolvendo nove indicadores: localização, legalização, quantidade de resíduos sólidos, condições de trabalho, infraestrutura, processo de triagem e compostagem, responsabilidade socioambiental, processos administrativos e processos analíticos. Para isso a metodologia utilizada no estudo foi baseada em uma pesquisa qualitativa por meio de um levantamento bibliográfico e ainda a realização de um estudo de caso a fim de analisar a eficiência do referido índice. O índice analisado permitiu avaliar e classificar a qualidade operacional, organizacional e ambiental da usina de triagem e compostagem do município de São José do Rio Preto adequadamente com eficiência, além de estabelecer vínculos entre causas e efeitos com clareza, fator bastante positivo para a mobilização dos envolvidos no sentido de aprimorar as condições do empreendimento.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de resíduos domiciliares; Indicadores; Compostagem.

### **Abstract**

The general objective of the article is to analyze the efficiency of a quality index directed to sorting and composting plants in order to evaluate the operational, organizational and environmental quality of sorting and composting plants through the Driving Force - Pressure - Impact - State model. – Response (FPIER), as well as assessing whether the aforementioned index has established cause and effect links that underlie the FPIER model, in order to qualify the projects as in inadequate, acceptable or adequate conditions. The index analyzed was structured in the form of a questionnaire involving nine indicators: location, legalization, amount of solid waste, working conditions, infrastructure, sorting and composting process, socio-environmental responsibility, administrative processes and analytical processes. For this, the methodology used in the study was based on a qualitative research through a bibliographic survey and also a case study in order to analyze the efficiency of that index. The index analyzed made it possible to evaluate and classify the operational, organizational and environmental quality of the sorting and composting plant in the municipality of São José do Rio Preto properly and efficiently, in addition to clearly establishing links between causes and effects, a very positive factor for the mobilization of involved in order to improve the conditions of the enterprise.

**Keywords:** Household waste management; Indicators; Compost.

### **Resumen**

El objetivo general del artículo es analizar la eficiencia de un índice de calidad dirigido a las plantas de selección y compostaje con el fin de evaluar la calidad operativa, organizacional y ambiental de las plantas de selección y compostaje a través del modelo Fuerza Motriz - Presión - Impacto - Estado.- respuesta (FPIER), así como evaluar si el mencionado índice ha establecido los vínculos de causa y efecto que sustentan el modelo FPIER, a fin de calificar los proyectos como en condiciones inadecuadas, aceptables o adecuadas. El índice analizado se estructuró en forma de cuestionario que involucra nueve indicadores: ubicación, legalización, cantidad de residuos sólidos, condiciones de trabajo, infraestructura, proceso de clasificación y compostaje, responsabilidad socioambiental, procesos administrativos y procesos analíticos. Para ello, la metodología utilizada en el estudio se basó en una investigación cualitativa a través de un levantamiento bibliográfico y también un estudio de caso con el fin de analizar la eficiencia

de dicho índice. El índice analizado permitió evaluar y clasificar la calidad operativa, organizacional y ambiental de la planta de selección y compostaje del municipio de São José do Rio Preto de manera adecuada y eficiente, además de establecer vínculos claros entre causas y efectos, un resultado muy positivo. factor de movilización de los involucrados para mejorar las condiciones de la empresa.

**Palabras clave:** Gestión de residuos domésticos; Indicadores; Compost.

## 1. Introdução

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de agosto de 2010 (Brasil, 2010), regulamentada pelo Decreto nº 10.396 em 12 de janeiro de 2022 estipula que os resíduos devem ter destinação adequada. A lei apresenta um panorama sistêmico para a gestão e o gerenciamento integrados dos resíduos sólidos, considerando variáveis ambientais e vertentes de análise, tais como cultura, tecnologia, saúde pública, economia e fatores que direta ou indiretamente ofereçam impactos ambientais. Prevê a destinação final ambientalmente adequada que é a destinação de resíduos, onde são incluídos a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético e a disposição final que é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, de acordo com normas operacionais específicas para evitar danos e ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os possíveis impactos ambientais. (Brasil, 2022)

Fundamentando ainda a importância do estudo temos a análise do Marco Legal do Saneamento Básico, por meio da Lei Federal nº 14.026, de 2020 que estabelece a universalização do acesso e efetiva prestação do serviço do saneamento básico, que é conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, a integralidade dessa prestação de serviços com eficiência e eficácia. (Brasil, 2020).

A compostagem, apesar de pouco utilizada, está prevista na PNRS como um tratamento eficaz dos resíduos sólidos urbanos facilmente decomponíveis, com isso é possível analisar a relevância de estudos direcionados para o setor, a fim de fomentar o desempenho do referido empreendimento. Conforme Tagliaferro (2018, página 7) a reciclagem e a compostagem são mecanismos que integram a gestão de resíduos e seu gerenciamento adequado, estando listados entre as principais alternativas de tratamento prévio à disposição final adequado de “rejeitos” em aterros sanitários apresentado pela legislação vigente. De acordo com a definição da NBR 13.591/1996, compostagem é o processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

Estima-se que em curto e médio prazo a compostagem seja cada vez mais praticadas em decorrência do cumprimento da Lei 12.305/10. No entanto, esses processos podem gerar impactos ambientais e danos à saúde, pois potencialmente envolvem a manipulação e o transbordo de resíduos não inertes e perigosos. (Brasil, 2010)

Conforme a ABRELPE (2020) os resíduos menos aproveitados foram os componentes facilmente decomponíveis que somaram cerca de 45,3% da composição gravimétrica dos resíduos coletados no país apenas 1% foram compostados. Inclusive vale ressaltar que o artigo 86 do decreto nº 10.396 (Brasil, 2022) está prevista que as instituições federais poderão criar linhas de créditos especiais para as atividades relacionadas a gestão e gerenciamento de resíduos, como a compostagem e ainda para projetos de investimentos em gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, estimulando assim o fomento e o desenvolvimento do setor e a necessidade da eficiência e eficácia das usinas de triagem e compostagem.

A lei também previu a necessidade do estabelecimento de ferramentas com o objetivo de avaliar o desempenho e a qualidade ambiental dos empreendimentos. A utilização de ferramentas para medir o desempenho ambiental das empresas públicas e privadas e o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade têm sido utilizados também como forma de melhorar a base de informações sobre o meio ambiente, auxiliar a elaboração de políticas públicas, simplificar estudos e relatórios e assegurar a comparabilidade entre diferentes regiões (Milanez, 2002).

Índice como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo utilizando bases científicas e métodos adequados, é utilizado para tomada de decisão e previsão, e ainda é considerado como um conjunto de indicadores ou variáveis. O termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais. (Siche et al., 2007).

Segundo Macedo (2013) o índice de qualidade para usinas de triagem e compostagem teve a pretensão de avaliar o empreendimento de maneira sistemática o que motivou a escolha da ferramenta de análise baseada no modelo Força-motriz-Pressão-Impacto-Estado-Resposta (FPIER) que é um desdobramento do modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) o modelo em questão foi desenvolvido pela Organization for economic co-operation and development (OECD) em 1993 e foi citado por Andrade (2009) que apresenta o modelo (PER) em que se baseia no propósito de que as atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente, que afetam a sua qualidade e a quantidade de recursos naturais (Estado), em consequência a sociedade responde a estas mudanças, adotando políticas ambientais, econômicas e setoriais, tomando consciência das mudanças ocorridas e a elas adaptando o seu comportamento (resposta da sociedade). No modelo proposto no estudo analisado incluiu-se a Força motriz que correspondeu às causas das Pressões e os possíveis impactos gerados pelas Pressões, chegando ao modelo (FPIER) por apresentar a vantagem de evidenciar tais elos e propicia aos tomadores de decisão e ao público a interdependência entre as questões ambientais e sociais (De Carvalho, et al. 2009).

O objetivo geral do artigo é analisar a eficiência de um método de avaliação da qualidade operacional, organizacional e ambiental de usinas de triagem e compostagem por meio do modelo de Força motriz – Pressão – Impacto – Estado – Resposta, objetiva ainda avaliar se o questionário proposto foi capaz de estabelecer vínculos de causa e efeito que fundamentaram o modelo FPIER para o referido empreendimento.

## 2. Metodologia

Para Lakatos e Marconi (2009) os métodos apresentam duas etapas, sendo a primeira a pesquisa que está relacionada a coleta de dados e a segunda que é a análise e interpretação, que procura desvendar os significados. Com isso a metodologia utilizada no estudo foi baseada em uma pesquisa qualitativa que segundo Lakatos e Marconi (2009) fornece uma análise mais detalhada sobre as investigações, tendências e demais variáveis, além da preocupação em analisar e interpretar aspectos mais profundos, com isso será realizado um levantamento bibliográfico envolvendo a utilização de artigos científicos, legislação, livros sobre a temática e estudos especializados nas referidas temáticas e ainda a realização de um estudo de caso a fim de analisar a eficiência de índice de qualidade para usinas de triagem e compostagem desenvolvido por Macedo (2013).

Ainda conforme Lakatos e Marconi (2009) a metodologia qualitativa se identifica com o estudo de caso, que se refere ao levantamento com mais profundidade de determinado caso, inclusive para colaborador com a fundamentação do estudo serão analisados estudos posteriores sobre o referido índice.

Para a coleta de dados Macedo (2013) realizou visitas técnicas na usina de triagem e compostagem na cidade de São José do Rio Preto – SP a fim de realizar um questionário direcionado para o referido empreendimento e em concomitância para a elaboração do questionário utilizou ainda como referências e subsídios a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 313/2002 (Brasil, 2002), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2012) por meio do documento Inventário Estadual de resíduos sólidos urbanos e ainda IBGE (2010) por meio da Pesquisa Nacional do Saneamento básico. A escolha da referida usina de triagem e compostagem foi devido aos altos índices da qualidade de usinas de compostagem - IQC da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. O questionário foi direcionado para as usinas de triagem e

compostagem, visando à construção dos indicadores, em sequência a demonstração do método de construção do índice de sustentabilidade baseados no modelo FPIER.

Brunhara (2020) utilizou o método FPIER para avaliar a qualidade operacional, organizacional e ambiental de uma cooperativa de materiais recicláveis no município de Penápolis no interior do Estado de São Paulo baseada na análise de nove dimensões da cooperativa como, localização, legislação, quantidade de resíduos, condições e organização de equipes de trabalho, infraestrutura, condições operacionais, responsabilidade ambiental, processos administrativos e processos analíticos com o objetivo de identificar as forças-motrizes, pressões, impactos, estados e respostas em cada uma das dimensões.

O estudo abordou 5 aspectos para análise dos indicadores das pressões, visto que, existem muitas disparidades nesse segmento no Brasil. As respostas possíveis para cada quesito foram subdivididos em existente; inexistente; desnecessário, com pontuações diferenciadas em função da importância e gravidade das consequências decorrentes de haver ou não algum procedimento ou infraestrutura disponível, e caso o aspecto for existente e inadequado foi feita uma redução de 50% em sua pontuação, pois, se o empreendimento teve e ainda encontraram-se inadequado demonstrou que tiveram ao menos a preocupação e a informação do que precisa ser realizado. O questionário teve como objetivo caracterizar os resíduos processados em determinado estabelecimento (usinas de reciclagem e compostagem), a fim de identificar as forças-motrizes e as possíveis pressões decorrentes da falta e da possível ineficácia desses empreendimentos, foram analisados os possíveis impactos, que influenciaram o estado e quais as possíveis respostas dos interessados direta e indiretamente a partir do estado e do impacto gerado pelas forças-motrizes. (Macedo, 2013)

### **3. Índice de Qualidade para Usinas de Triagem e Compostagem**

Macedo (2013) a respeito dos pontos atribuídos ao índice que foi estruturado em formato de questionário foi de 140 por analogia ao índice de qualidade e compostagem - IQC utilizado pela CETESB. No estudo acima mencionado foram utilizados nove indicadores: localização, legalização, quantidade de resíduos sólidos, condições de trabalho, infraestrutura, processo de triagem e compostagem, responsabilidade socioambiental, processos administrativos e processos analíticos, a escolha desses indicadores está relacionado nas pesquisas e informações baseadas na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 313/2002, CETESB (2012), IBGE (2010) e os referidos indicadores são apresentados nos itens abaixo.

#### **3.1 Localização**

O indicador localização estabeleceu a força-motriz relativa às características do seu entorno, sobretudo quanto ao zoneamento municipal, proximidade do empreendimento de núcleos habitacionais e de áreas de proteção ambiental. As pressões elencadas foram relativizadas para localizado a menos ou a mais de 1 km de núcleos residenciais, industriais, empresariais, ou de proteção ambiental (IBGE, 2010), legalidade da localização, condições de sistema viário, trânsito e acesso, proximidade de corpos de água superficiais e do nível da água subterrânea e isolamento visual. Os possíveis impactos foram a geração de poeira, ruídos, aceleração na depreciação do asfalto, grande fluxo de veículos pesados, presença de vetores e animais peçonhentos, desvalorização imobiliária e poluição visual dentre outros, que consequentemente influenciam no estado da qualidade de vida dos munícipes entorno do empreendimento e do crescimento imobiliário. Esses impactos podem ser negativos ou positivos dependendo da pressão gerada, e como resposta a sociedade estabelece as leis municipais, políticas públicas, órgãos reguladores e associações de moradores são essenciais para estabelecer regras, diretrizes, normas, parâmetros, e estabelecimento da responsabilidade dos órgãos fiscalizadores para a amenização continuam gerados pelas forças motrizes. (Macedo, 2013)

A Tabela 1 contém os parâmetros que geram pontuação no indicador localização do empreendimento (peso de 15 pontos) no questionário para usinas de triagem e compostagem.

**Tabela 1.** Localização.

<b>Força-Motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Proximidade dos núcleos habitacionais	Localização	0 ou 4
	Legalidade	0 ou 3
	Isolamento visual da vizinhança	0 ou 2
	Condições de sistema viário, trânsito e acesso	0, 1 ou 2
	Proximidade de corpos de água	0 ou 2
	Proximidade do nível d'água subterrânea	0 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>15</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.2 Legislação

O indicador legislação estabeleceu as forças motrizes legislação empresarial, trabalhista e licenciamento. O cumprimento ou não dessas leis podem gerar impactos, como no caso da legislação empresarial e ambiental, a sonegação de impostos e na legislação trabalhistas o trabalho infantil, mesmo que esporádico, a exploração dos trabalhadores e prejuízos ambientais. Que influenciam no estado como no caso dos impostos arrecadados, geração de empregos, fomento econômico e meio ambiente. Esses impactos podem ser negativos ou positivos dependendo da pressão gerada, e como resposta da sociedade apresenta a existência de leis municipais, políticas públicas, órgãos reguladores e legislação trabalhista e a atuação dos sindicatos são essenciais para estabelecer regras, diretrizes, normas, parâmetros, estabelecimento da responsabilidade dos órgãos fiscalizadores e legislações ambientais para amenizar as forças motrizes. (Macedo, 2013)

Na Tabela 2 são representados os parâmetros de pontuação no indicador legislação (peso de 5 pontos).

**Tabela 2.** Legalização.

<b>Força-Motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Legislação Empresarial	Pessoa jurídica devidamente estabelecida	0 ou 1,5
Legislação trabalhista	Colaboradores adequados às Consolidações das Leis do Trabalho	0 ou 1,5
Licenciamento	Licença operacional válida e adequada à atividade	0 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>5</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.3 Quantidade de resíduos sólidos

Para o indicador quantidade de resíduos sólidos Macedo (2013) as forças motrizes foram divididas em registros sistemáticos das quantidades que entram e saem do empreendimento e dos rejeitos gerados com base na existência ou não de registros sistemáticos e se esses registros foram adequados ou inadequados. A partir das forças-motrizes determinadas pôde-se avaliar a eficiência do processo de triagem, conforme a caracterização dos resíduos domiciliares coletados seletivamente na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo (Frésca et al. 2008). A partir desse valor foram estratificados diferentes níveis de qualidade de triagem de materiais adequados para 20% ou menos de rejeito, satisfatório entre 20% e 50% de rejeito e insatisfatório mais de 50% de rejeito. A qualidade operacional da empresa e os resultados do empreendimento, como o lucro ou prejuízo que conseqüentemente determinam sua viabilidade econômica. As possíveis respostas presentes nas leis a nível nacional, estadual e municipal, associação e cooperativas, a presença dos programas de coleta seletivas municipais, programas de conscientização e participação da população, a aplicação de multas e penalidades para os geradores e programas de educação ambiental nas escolas, a fim de diminuir as causas dos impactos gerados pelas forças motrizes. Os parâmetros que

foram estipulados para pontuar no indicador quantidade de resíduos sólidos são mostrados na Tabela 3 para usinas de triagem e compostagem.

**Tabela 3.** Quantidade de resíduos sólidos.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>		<b>Pontuação</b>
Registros sistemáticos			0 ou 5
Entrada de resíduos	Resíduos e Quantidades	Adequada Menos de 20% de rejeito	0 ou 20
Saída do processo		Satisfatório: Entre 20% e 50% de rejeito	0 ou 10
Rejeitos gerados e caracterização do rejeito		Insatisfatório Mais de 50% de rejeito	0 ou 5
<b>Pontuação do item:</b>			<b>25</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.4 Condições de trabalho

Para o indicador condições de trabalho Macedo (2013) definiu as infrações trabalhistas como força-motriz presente nas pressões do uso do uniforme, treinamento e capacitação, refeitório, chuveiro, equipamentos de segurança. É imprescindível saber se a pessoa jurídica possui esses itens, se estão adequados ou inadequados. Os possíveis impactos apontados no questionário foram a periculosidade, insalubridade, condições inadequadas, doenças ocupacionais, acidentes de trabalho, a falta dos funcionários por motivos de saúde. Esses fatores podem influenciar na qualidade de vida e profissional do trabalhador, que pode motivar respostas da sociedade na forma de legislação trabalhista, presença dos sindicatos, fiscalização dos órgãos competentes, incongruência com as legislações e normas vigentes. A Tabela 4 contém os parâmetros que geram pontuação no indicador condições de trabalho (peso de 10 pontos).

**Tabela 4.** Condições de trabalho.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Infrações trabalhistas	Segurança do trabalhador	0, 1,5 ou 3
	Uniforme,	0, 0,5 ou 3
	Treinamento e capacitação	0, 1 ou 2
	Refeitório	0, 0,5 ou 1
	Chuveiro	0, 0,5 ou 1
	Equipamentos de proteção individual	0, 1 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>10</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.5 Infraestrutura

No indicador infraestrutura Macedo (2013) definiu nove forças motrizes, são elas:

1. Condições estruturais que foi fundamentada nas pressões geradas pela existência ou inexistência do controle de cerca perimetral, acesso às instalações, escritório; drenagem de águas pluviais instalações de apoio; área de palestras, eventos. Consequentemente, a resposta aferida como existente se o parâmetro analisado foi adequado ou inadequado. Como possíveis impactos dessas pressões, foram identificadas à falta de segurança e informação, condições inadequadas de trabalho. Realizada a análise da pressão e do possível impacto, pôde-se avaliar o estado de forma positiva ou negativa como a segurança, o subsídio ao trabalhador, instalações administrativas, divulgação da empresa.
2. Recepção de resíduos foi baseada nas pressões foram identificadas como a existência e condições operacionais de balança; pátio de recepção dos resíduos; cobertura, impermeabilização e cerca do pátio. Esses parâmetros foram classificados como

adequados ou inadequados que em consequência podem gerar os impactos pela falta de controle no processo, desempenho operacional e a alteração na qualidade do solo, da água.

3. Processo de triagem em que foram analisadas as qualificações da esteira ou mesa de catação, da separação magnética, da triagem primária, da triagem secundária, da triagem terciária e da estocagem em baias para os materiais triados, cobertura das baias e prensas.
4. Compostagem que foi qualificada em etapas pátio de compostagem, impermeabilização e cobertura do pátio, equipamentos para revolvimentos das leiras. Os possíveis impactos apresentados foram a contaminação do solo, da água, a presença de urubus, pombos e outros, a geração de lixiviado e presença de animais de pequeno e médio porte, respectivamente. Após analisar as pressões, pôde-se avaliar o estado da qualidade do composto produzido, do solo da água, o odor da localização e do entorno, se estão positivas ou negativas.
5. Maturação do composto que está associada às pressões pela presença ou ausência impermeabilização do pátio de cura, a situação do pátio de cura; se existe e como os equipamentos para revolvimento das leiras, a realização do peneiramento do material triado, o processo de estocagem através das baias e se existe cobertura. Os impactos podem determinar a contaminação do solo, do lençol freático, geração de lixiviado, eficiência do processo, proteção do composto. Que determina o estado da qualidade da água, do solo, a estocagem e consequentemente a qualidade do composto produzido.
6. Tratamento do lixiviado que classificou como possíveis pressões a drenagem e sistema de tratamento de líquidos percolados e o monitoramento das águas subterrâneas, os impactos da contaminação do solo, da água.
7. Tratamento do lodo e de gases que podem impactar o solo e o subsolo com ou sem água subterrânea, a inexistência dos referidos tratamentos podem contaminar o ar e desperdiçar energia.
8. Consumo de água e energia que foram analisadas a partir dos sistemas estratégias sustentáveis para o consumo desses recursos.
9. Disposição do rejeito classificou a pressão como decorrente ou não de ser disposto em aterro sanitário. As forças motrizes de consumo de água e energia foram às pressões aferidas por um sistema de economia e controle de aproveitamento de água e controle energético.

As respostas identificadas no item infraestrutura como um todo foram inter-relacionadas com a existência ou não da legislação em todos os níveis, movimentos reivindicatórios, programas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos municipal, órgãos reguladores, fiscalização, normas técnicas, pesquisas de qualidade, tecnologias disponíveis, qualificação profissional. Na Tabela 5 podem-se observar os parâmetros que geram pontuação no item infraestrutura (peso total de 40 pontos).

**Tabela 5. Infraestrutura.**

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Conceito</b>
Condições estruturais	Cerca perimetral	0, 0,5 ou 1
	Controle de acesso às instalações	0, 0,5 ou 1
	Escritório	0, 0,5 ou 1
	Instalações de apoio	0, 0,5 ou 1
	Drenagem de águas pluviais	0, 0,5 ou 1
	Área de Palestras, Eventos etc.	0, 0,5 ou 1
	Balança	0, 0,5 ou 1
Recepção de resíduos	Pátio de recepção dos resíduos	0, 0,5 ou 1
	Cobertura do pátio	0, 0,5 ou 1
	Impermeabilização do pátio.	0, 0,5 ou 1
	Cercado do pátio	0, 0,5 ou 1
	Esteira de catação	0, 0,5 ou 1
	Separação magnética	0, 0,5 ou 1
Processo de triagem	Triagem primária	0, 0,5 ou 1
	Triagem secundária	0, 0,5 ou 1
	Triagem terciária	0, 0,5 ou 1
	Baias para material triado	0, 0,5 ou 1
	Cobertura das baias	0, 0,5 ou 1
	Prensas para material triado.	0, 0,5 ou 1
Compostagem	Pátio de compostagem	0, 0,5 ou 1
	Cobertura do pátio de compostagem	0, 0,5 ou 1
Maturação do composto	Impermeabilização do pátio de compostagem	0, 0,5 ou 1
	Equipamentos para revolvimentos das leiras	0, 0,5 ou 1
Tratamento do lixiviado	Pátio de cura	0, 0,5 ou 1
	Impermeabilização do pátio de cura	0, 0,5 ou 1
	Peneiramento do composto curado.	0, 0,5 ou 1
Tratamento do lodo e de gases	Drenagem de líquidos percolados;	0, 0,5 ou 1
	Sistema de tratamento de líquidos percolados	0, 0,5 ou 1
	Monitoramento das águas subterrâneas.	0, 0,5 ou 1
	Processo de tratamento	0, 0,5 ou 1
Consumo de água e energia	Disposição do lodo	0, 0,5 ou 1
	Sistema de tratamento de gases	0, 0,5 ou 1
	Sistema de economia e aproveitamento da água	0, 0,5 ou 1
	Sistema de economia e aproveitamento de energia	0, 0,5 ou 1
Disposição do rejeito	Aterro sanitário para rejeitos	0 ou 6
	<b>Pontuação do item:</b>	<b>40</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.6 Processo de triagem e compostagem

O indicador processo de triagem e compostagem identificou possíveis pressões o ajuste de velocidade da esteira de catação e sincronia entre a etapa de triagem com a reposição das caçambas/recipientes e o armazenamento temporário dos resíduos triados, se o comprimento, altura e espaçamento das leiras estão adequados, se houve controle de umidade, revolvimentos, temperatura e indicação de tempo de compostagem das fases termófila, mesófila e de maturação e o peneiramento após a cura. Analisados os impactos na qualidade ea resposta da demanda. Como possíveis respostas para esse item foram estabelecidas a presença de certificação no Ministério da Agricultura, legislação específica e a existência de cartilhas de instrução. A Tabela 6 contém os parâmetros que geram pontuação no indicador processo de triagem e compostagem (peso de 30 pontos).

**Tabela 6.** Processo de triagem e compostagem.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Processo de triagem e compostagem	Ajuste de velocidade da esteira	0, 5 ou 10
	Comprimento e altura das leiras	0 ou 3
	Espaçamento entre as leiras	0, 1 ou 2
	Controle de umidade das leiras	0, 1 ou 2
	Controle de revolvimento das leiras	0, 1,5 ou 3
	Temperatura das leiras	0, 1 ou 2
	Indicação de tempo das leiras	0, 1 ou 2
	Tempo da fase termófila e mesófila e de maturação	0, 1 ou 2
	Tempo de maturação do composto	0, 1 ou 2
	Peneiramento após a cura	0, 1 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>30</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.7 Responsabilidade socioambiental

O item responsabilidade socioambiental foi associado fundamentalmente à força- motriz relativa à educação ambiental e buscou-se relacionar possíveis pressões decorrentes da existência ou não de programas de educação ambiental, se existiam mecanismos de aprimoramento dos programas. Os impactos correlacionados foram a falta de acesso à informação de qualidade, o que inviabiliza a atuação da população, potencialmente estariam associados às possíveis respostas associadas às pressões desse item foram identificadas como a mobilização social, as campanhas de sensibilização, as sanções legais e multas ao gerador. A Tabela 7 contém os parâmetros que geram pontuação no indicador responsabilidade socioambiental (peso de 5 pontos) na avaliação do empreendimento.

**Tabela 7.** Responsabilidade socioambiental.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Educação ambiental	Programas de educação ambiental	0, 1 ou 2
	Mecanismos de aprimoramento desses programas	0, 0,5 ou 1
	Programas de redução de resíduos da fonte	0, 1 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>5</b>

Fonte: Macedo (2013).

### 3.8 Processos administrativos

Esse item foi idealizado para identificar se o empreendimento possuía planejamento e controle administrativo e avaliação da viabilidade econômica dos processos realizados, pois, estariam relacionados com possíveis pressões no planejamento, fidelização dos fornecedores e de clientes. Influenciam na inviabilidade econômica podendo gerar prejuízo, desperdícios, falta de matéria-prima e a dificuldade de comercialização do composto que, de acordo com questionário, podem impactar no empreendimento, como possível resposta a auditoria empresarial constante é uma alternativa do estudo. Na Tabela 8, pode-se observar os parâmetros que geram pontuação no indicador processos administrativos (peso de 5 pontos).

**Tabela 8.** Processos administrativos.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Planos e controles	Planejamento	0, 0,5 ou 1
	Programas de fidelização de fornecedores	0, 1 ou 2
Viabilidade econômica	Programas de fidelização de clientes	0, 1 ou 2
	<b>Pontuação do item:</b>	

Fonte: Macedo (2013).

### 3.9 Processos analíticos

Esse item foi associado às forças motrizes contaminações por agentes químicos e biológicos que foram inferidas pela existência de pontos de monitoramento de possíveis contaminações. Foram associadas ao estado da qualidade dos produtos triados, qualidade do composto, certificação do Ministério da Agricultura, dificuldade de comercialização do composto e impactos no ar, água e no solo. A Tabela 9 contém os parâmetros apontados para pontuar o indicador processos analíticos (peso de 05 pontos).

**Tabela 9.** Processos analíticos.

<b>Força-motriz</b>	<b>Pressões</b>	<b>Pontuação</b>
Contaminações por agentes químicos	Verificação da qualidade do produto	0, 1,5 ou 3
Contaminações por agentes biológicos	Análise dos pontos de monitoramento de possíveis contaminações	0, 1 ou 2
<b>Pontuação do item:</b>		<b>5</b>

Fonte: Macedo (2013).

Por analogia ao índice de qualidade de compostagem – IQC da CETESB (2012), para a pontuação do questionário, após aferição da pontuação por meio da visita técnica Macedo (2013), dividiu-se assim a pontuação total obtida no questionário por 14. Após esse resultado, realiza-se o enquadramento da pontuação de 0 até 6 o empreendimento está em condições inadequadas, 6,1 a 8,0 condições aceitáveis, e as condições são adequadas se a pontuação for de 8,1 a 10. O referido parâmetro para pontuação também foi utilizado no índice de qualidade para cooperativas de catadores igualmente baseado no modelo FPIER realizado por Macedo & Pisani Junior (2014) e ainda utilizado por Brunhara (2020) para a pontuação na análise do índice de qualidade de uma cooperativa de catadores no município de Penápolis no interior do Estado de São Paulo.

## 4. Resultados e Discussão

O local escolhido por Macedo (2013) para o estudo foi à cidade de São José do Rio Preto, a 450 km de capital São Paulo. De acordo com informações da conjuntura econômica do município de 2021, é sede de uma região metropolitana composta por 35 municípios e que recebe diariamente uma grande quantidade de visitantes, devido aos empregos, saúde, comércio e lazer. Possui uma área total de 431,30 km<sup>2</sup>; com área urbana de 117,43 km<sup>2</sup>, e conforme o IBGE (2021) a população estimada em 2021 era de 469 173 habitantes. No ano de 2020 os números da disposição e destinação são: 154.066,48 toneladas de RSD, disponibilização e Operação de Usina de Triagem e Compostagem 151.859,74, disponibilização e Operação de Aterro Sanitário 105.942,86 toneladas conforme as informações apresentadas pela conjuntura econômica do município (São José do Rio Preto, 2021).

No IQC publicado anualmente pela Agência Ambiental do Estado de São Paulo CETESB no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - IERSD (CETESB) o município recebeu a pontuação máxima 10,0. Segundo Tagliaferro (2018, página 11) estes índices avaliam e pontuam sistemas de disposição final e de compostagem de resíduos, e, no caso, asseguram as condições adequadas de operação. São obtidos por meio de questionários preestabelecidos aplicados pelos técnicos da (CETESB) durante vistorias realizadas nas instalações em operação.

Conforme a CETESB (2020) foram coletados 389,45 toneladas por dia no município e seu índice de qualidade de compostagem - IQC nos últimos anos foram nota 10. Conforme Tagliaferro (2018) relata que em São José do Rio Preto, 100% dos resíduos domiciliares coletados na cidade passam por triagens. 40% (4.560 t) das aproximadamente 11.440 toneladas mensais coletadas são retirados para a produção de composto orgânico (30%) e separados como materiais reciclados (10%) e ainda 60% são rejeitos encaminhados ao aterro sanitário.

O Sistema de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos é realizado por empresa privada vencedora do

processo licitatório especificamente elaborado (planejamento, fiscalização e regulamentação) para atender aos trabalhos de gerenciamento e limpeza urbana. (Tagliaferro, 2018, p. 8), as estratégias utilizadas são:

A coleta convencional e mecanizada (contenedores) dos resíduos domiciliares atende 100% do município e os resíduos são transportados em veículos e equipamentos especiais até sua adequada destinação final (tratamento prévio à disposição final). Trabalhos em locais de difícil acesso são realizados por carretas específicas, exclusivamente preparadas para as funções. Os resíduos coletados são conduzidos a Central de Tratamento onde se localizam as Usinas de Triagem e Compostagem. Nelas são reaproveitados materiais recicláveis como: plásticos, papéis, vidros e metais, que são reintroduzidos na cadeia econômica pelas empresas de reciclagem; além da matéria orgânica, que, bio-estabilizada e reprocessada, se transforma em composto orgânico para agricultura. Estes trabalhos reduzem consideravelmente a quantidade de resíduos dispostos no aterro sanitário, gerando grandes benefícios socioeconômicos e ambientais. (Tagliaferro, 2018, p. 8)

A empresa responsável demonstrou pontuação máxima na maioria dos itens pontuados no questionário e de forma geral cumpriu o estabelecido na 12305/2010, apesar do alto índice de rejeito que é encaminhado para o aterro sanitário. Conforme informações dos profissionais da empresa, do material processado 30% são de matéria orgânica; 10% correspondem a recicláveis e 60% são rejeito. Apesar de possuir estrutura adequada e profissionais qualificados, a eficácia operacional fica muito comprometida, com um alto índice de rejeito e com um potencial de produção muito acima do resultado. O comprometimento da pontuação foi vinculado ao nível de eficácia produtiva, que conforme informações dos profissionais da empresa, a usina vem apresentando 60% de rejeitos que são encaminhados para o aterro sanitário o empreendimento recebeu, portanto, 5 pontos nesse item. O estado da qualidade operacional, viabilidade econômica da usina, mesmo possuindo uma infraestrutura adequada, a eficácia operacional foi comprometida. O único item com pontuação comprometida foi o item quantidade de resíduos, que tem 25 pontos no total. Dentre as forças-motrices, identificaram-se os registros sistemáticos das quantidades que entram e saem do empreendimento e dos rejeitos gerados e se havia caracterização do rejeito. A empresa possui esses controles, sendo assim, os registros dentro do item pertinente têm um peso de 5 pontos, que foi aferido com a devida pontuação. A aplicação do questionário na usina de triagem e compostagem de São José do Rio Preto apresentada no estudo realizado por (Macedo, 2013) envolveu oito dimensões, dentre as quais, sete dimensões tiveram pontuação máxima.

Os itens relacionados no questionário confeccionado a partir dessa pesquisa foram à legislação, a quantidade de resíduos, as condições de trabalho, a infraestrutura, as condições operacionais, a responsabilidade ambiental, os processos administrativos e os processos analíticos. Enquanto, que o questionário IQC publicado anualmente pela CETESB no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - IERSD da CETESB os itens analisados são as características do local, a infraestrutura implantada e as condições operacionais possibilitando assim uma visão sistêmica do empreendimento subsidiado pelo modelo FPIER. Tagliaferro (2018) destaca que o composto orgânico produzido na usina de triagem e compostagem de São José do Rio Preto é o único no país resultante do processamento de resíduos domiciliares em escala industrial que obteve registro no Ministério da Agricultura.

## 5. Considerações Finais

A realização do presente estudo permitiu analisar que o modelo FPIER se mostrou eficiente e eficaz como ferramenta de avaliação da qualidade operacional, organizacional e ambiental possivelmente presentes em usinas de triagem e compostagem, com o intuito de identificar as forças-motrices, pressões, impactos, estados e respostas, além de propiciar visão sistêmica, não apenas do empreendimento de maneira isolada, pois levou em consideração aspectos de diferentes níveis de intersecção do empreendimento com os entornos. Sobre o referido índice Tagliaferro (2018, páginas 12-13) analisou que:

Os resultados apresentados pelos índices de qualidade IQR/IQC da CETESB e FPIER de MACEDO (2013) contribuem significativamente para a avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos em operação no município de São José do Rio Preto, comprovando sua posição de destaque, tanto em nível Estadual, quanto Federal. Corrobora a afirmação à complexidade das análises realizadas por meio dessas metodologias, uma vez abordarem elementos mais que necessários à validação de um estudo sobre sistema de gerenciamento de resíduos. O planejamento, fiscalização, regulamentação e manejo foram analisados e avaliados em detalhes, o que pode ser traduzido pelo estudo das características locais, de infraestrutura implantada e as condições operacionais, bem como a qualidade operacional, organizacional e ambiental, a legislação, a quantidade de resíduos, as condições de trabalho, a infraestrutura, as condições operacionais, a responsabilidade ambiental, os processos administrativos e os processos analíticos.

Os resultados obtidos no estudo realizado por Macedo (2013) permitiram avaliar e classificar a qualidade operacional, organizacional e ambiental de usinas de triagem e compostagem. A partir da identificação das forças motrizes, foram propostos indicadores qualitativos e quantitativos que permitem identificar pressões, estados, possíveis impactos e respostas para cada tipo de empreendimento estudado, de forma a apontar os aspectos que devem ser aperfeiçoados para melhoria da qualidade. Além disso, foi possível por meio do instrumento de avaliação estabelecer vínculos de causas e efeitos com clareza, fator positivo para a mobilização dos envolvidos no sentido de aprimorar as condições do empreendimento.

As autoras recomendam para a realização de pesquisas futuras a confecção de estudos e pesquisas visando a construção de índices que permitam analisar a eficiência de empreendimentos ambientais para efetivamente avaliar a qualidade operacional, organizacional e ambiental dos mesmos a fim de fomentar e ou estimular a profissionalização e a qualidade dos processos do setor, visando contribuir com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecida pela Lei nº 12.305 de agosto de 2010 (Brasil, 2010), regulamentada pelo Decreto nº 10.396 em 12 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022) e ainda o Marco Legal do Saneamento Básico, por meio da Lei Federal nº 14.026, de 2020. (Brasil, 2020)

## Referências

- ABRELPE (2020) Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2020. <https://abrelpe.org.br/>. São Paulo: ABRELPE.
- Andrade, J. M. F. D. (2009). Construção de um índice de sustentabilidade ambiental para a agroindústria paulista da cana-de-açúcar (ISAAC) (Doctoral dissertation). Fundação Getúlio Vargas Escola de Economia de São Paulo – EESP, São Paulo.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). (1996). NBR 13.591: Compostagem: Terminologia. Rio de Janeiro.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 22 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, 3.8.2010. 29 p. Brasília, DF.
- Brasil. (2002) Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Resolução no 313, de 29 de outubro de 2002. Brasília, DF.
- Brasil. (2020). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União 2020. Brasília, DF.
- Brasil. (2022) Decreto nº 10936/2022 - Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 12/01/2022, Brasília, DF.
- Brunhara, J. P. C. (2020) Análise do índice de qualidade de uma cooperativa de catadores no município de Penápolis/SP. Dissertação de Mestrado em Tecnologia ambiental. Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP. Ribeirão Preto.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2012) Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2012. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2012/05/22/inventario-estadual-de-residuos-solidos-urbanos-2012-2/>. São Paulo: CETESB, 2013b. 96 p
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2020) Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2020. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. <https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2021/07/Inventario-Estadual-de-Residuos-Solidos-Urbanos-2020.pdf>. CETESB, 2021. 82 p
- De Carvalho, P. G. M., Barcellos, F. C., & Moreira, G. G. (2009). Políticas públicas para meio ambiente no semiárido brasileiro. Regressão Logística com o Modelo PER. Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/164734>. 12, 67-84.
- Fresca, F. R. C., Pugliesi, E., Massukado, L. M., & Schalch, V. (2008). Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos do Município de São Carlos. Revista DAE <https://www.sustenta.ufscar.br/arquivos/artigos/determinacao-da-composicao-gravimetrica-dos.pdf>, 178, 48-57.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=series-historicas>. Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-jose-do-rio-preto.html>. Rio de Janeiro.

Macedo, K. G. (2013). Desenvolvimento de índice de qualidade para usinas de triagem e compostagem e para cooperativas de catadores com base no modelo força-motriz-pressão-impacto-estado-resposta (FPIER). Dissertação de Mestrado em Tecnologia ambiental. Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP. Ribeirão Preto.

Macedo, K.G. & Pisani Junior, R. (2014) XXXIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Desenvolvimentos de índice de qualidade para cooperativa de catadores com base no modelo Força-motriz-pressão-impacto-estado-resposta (FPIER). (Congresso)

Lakatos, E. M., & Marconi, M. D. A. (2009). Metodologia científica. 3. reimpr. São Paulo: Atlas.

Milanez, B. (2002). Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação (Doctoral dissertation, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia).

Organization for Economic Co-Operation and Development - OECD (1993). Core set of indicators for environmental performance review. Environmental monography, n. 83, Paris.

São José do Rio Preto. (2021) Conjuntura econômica 2021. Secretaria Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação. <https://www.riopreto.sp.gov.br/wp-content/uploads/arquivosPortalGOV/planejamento/conjuntura/Conjuntura-2021.pdf>. São José do Rio Preto.

Siche, R., Agostinho, F., Ortega, E., & Romeiro, A. (2007). Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Ambiente & sociedade, 10, 137-148.

Tagliaferro, E. R. (2018) Gerenciamento de Resíduos Sólidos Domiciliares em São José do Rio Preto–Estudo de Caso. Fórum Ambiental da Alta Paulista, 14, 282-295.