

INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: SISTEMA DE MONITORAMENTO SOCIOAMBIENTAL

SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE: SOCIAL ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM

Raul Alberto Marcon¹
Roberto Gregório da Silva Jr.²
Eduardo Felga Gobbi³

Resumo

Este trabalho apresenta um modelo conceitual para um sistema de monitoramento socioambiental (SMSA), de uma infraestrutura de esgotamento sanitário implantada no município de Pontal do Paraná - PR. Para elaboração deste estudo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental por métodos, atributos, indicadores, índices e níveis de avaliação da sustentabilidade, que são os elementos básicos para o desenvolvimento do SMSA. Na estruturação do modelo conceitual, utilizou-se do seguinte encadeamento e sequência construtiva: consignação dos atributos, seleção dos subindicadores, cálculo de indicadores e índices da sustentabilidade e sua classificação em níveis da sustentabilidade para infraestrutura em estudo. Com a finalidade de validação do modelo, foi realizado um estudo de caso, onde se emprega uma série histórica de dados (2012 a 2020), relacionados ao SES implantado em Pontal do Paraná. E como resultado, obteve-se a classificação dos índices do SMSA em níveis da sustentabilidade e organizados nas dimensões: ambiental, social e econômica. Como produto, o SMSA produz uma representação simplificada das complexas interações entre a infraestrutura (SES) com os fenômenos socioambientais, intrínsecos do município de Pontal do Paraná. Conclui-se que, o modelo conceitual do SMSA atende o objetivo da pesquisa, admite sua generalização com adaptações, entretanto, mostra-se limitado frente a disponibilidade de dados. Como contribuição para futuras pesquisas, tem-se que o estudo incorpora e organiza importantes subsídios no desenvolvimento de ferramentas de monitoramento socioambiental e possui caráter inovador, por integrar os conceitos atrelados a uma “infraestrutura sustentável”.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; infraestrutura sustentável; saneamento; monitoramento socioambiental.

Abstract

This paper presents a conceptual model for a socio-environmental monitoring system (SMSA) for a sewage infrastructure in the municipality of Pontal do Paraná - PR. To prepare this study, a bibliographical and documentary search was carried out for methods, attributes, indicators, indices and levels of sustainability assessment, which are the basic elements for developing the SMSA. In structuring the conceptual model, the following constructive sequence was used: assigning attributes, selecting sub-indicators, calculating sustainability indicators and indices and classifying them into sustainability levels for the infrastructure under study. To validate the model, a case study was carried out using a historical series of data (2012 to 2020) related to the SES implemented in Pontal do Paraná. As a result, the SMSA indices were classified into sustainability levels and organized into environmental, social and economic dimensions. As a product, the SMSA produces a simplified representation of the complex interactions between the infrastructure (SES) and the socio-environmental phenomena intrinsic to the municipality of Pontal do Paraná. The conclusion is that the SMSA conceptual model meets the research objective and can be generalized with adaptations; however, it is limited in terms of data availability. As a contribution to future research, the study incorporates and organizes important subsidies for the development of socio-environmental monitoring tools and is innovative in that it integrates the concepts linked to “sustainable infrastructure”.

Keywords: sustainable development; sustainable infrastructure; sanitation; socio-environmental monitoring.

¹ Bacharel em Engenharia Civil - UFPR, Pós-graduação em Medicina, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho - UTFPR (*lato-sensu*), Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial - UFPR (*stricto-sensu*). Atualmente ocupa o cargo de Coordenador de Gestão de Recursos Hídricos na Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar.

² Doutor (PUCPR, 2011) e Mestre (UFPR, 1993) em Administração, Especialista em Engenharia de Produção (UFSC, 1986) e Engenheiro Mecânico (UFPR, 1980). Há mais de 36 anos é professor da UFPR, atuando na graduação e pós-graduação.

³ Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987), especialização em Engenharia Econômica e Administração Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1989), mestrado em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1991) e doutorado em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1995). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal do Paraná.

1 Introdução

A infraestrutura urbana tem papel central para tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, conforme contemplado nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Objetivo..., s. d.). Por outro lado, as mudanças climáticas, o subdesenvolvimento econômico, as pressões sobre a biodiversidade, entre outros desafios, têm se constituído como os principais fatores limitantes de tal desenvolvimento (Robért; Broman, 2017).

Os investimentos e obras necessárias para alcançar o funcionamento sustentável de uma infraestrutura urbana devem incluir os serviços socioambientais associados, que são: contribuir para o desenvolvimento socioeconômico regional, assegurar as condições básicas para o bem-estar da população e proteção ambiental (BID, 2019). São exemplos dessas infraestruturas: fornecimento de água potável, saneamento básico, energia elétrica e transporte público. Particularmente no Brasil, um dos setores de que mais necessita de investimentos é o de saneamento básico, devido ao déficit de implementação de sistemas de esgotos sanitários (MDR, 2021).

Conceitualmente, o desenvolvimento sustentável pode ser considerado como o caminho para alcançar a sustentabilidade de um sistema (infraestrutura). Já a sustentabilidade em si é o resultado desejado (atributos) de longo prazo, que podem ser monitorados por meio da implementação de indicadores e índices (Feil; Schreiber, 2019). O desenvolvimento sustentável pode ser operacionalizado por meio de estratégias e ações, a partir da mensuração do nível de sustentabilidade desejada, ratificando a necessidade de um sistema para essa tarefa (Feil; Schreiber, 2019).

Os principais atores no fomento do desenvolvimento sustentável são as prefeituras municipais, a sociedade, as concessionárias de serviços, os órgãos de governo e as instituições financeiras, que se caracterizam como usuários e interessados, diretos ou indiretos, na operação de uma infraestrutura — as partes interessadas são denominadas na literatura como “stakeholders” (Avaliação..., s. d.). Para que uma infraestrutura seja considerada como sustentável, deve ser comprovado pelas partes interessadas o atendimento a atributos, baseados em práticas sustentáveis, ao longo de todo o ciclo de vida desses ativos (BID, 2019). Dentro desse contexto, a pesquisa tem por objetivo propor um modelo de Sistema de Monitoramento Socioambiental (SMSA), específico para uma infraestrutura de esgotamento sanitário.

A escolha do município de Pontal do Paraná é motivada pelo ingresso de investimentos no SES, 125 milhões de reais entre os anos de 2016 e 2020, promovido pela concessionária de serviços de saneamento básico e financiado por agentes financeiros (Sanepar, 2020). Um SMSA pode ser definido como um processo sistemático, que tem como propósito avaliar os impactos

da operação de uma infraestrutura, valendo-se de metodologias que possibilitem relacionar fatores econômicos, ambientais e sociais (IFC, 2019). Dessa forma, um dos principais desafios na construção de um SMSA são os critérios relacionados aos níveis de avaliação da sustentabilidade de uma infraestrutura, assim como a formação do conjunto de atributos (requisitos) do sistema.

Uma vez que o SMSA utiliza indicadores e subindicadores socioambientais quantitativos, também deve permitir uma análise ampla dos aspectos qualitativos, ora consignados nos atributos e organizados nas dimensões da sustentabilidade (Pereira; Curi, 2012). Essa sistematização é necessária, já que o SMSA deve identificar possíveis interações da perda de recursos naturais ou serviços ecossistêmicos, com os benefícios sociais e/ou econômicos advindos da implantação da infraestrutura (Pereira; Curi, 2012). Portanto, torna-se um grande desafio comunicar tal riqueza de informações de forma coerente a um público não especialista. Para isso, o SMSA tem como prerrogativa a produção de um sistema de índices sintéticos, capazes de comunicar realidades complexas de maneira resumida (Ribeiro, 2018).

Considerando, ainda, que a sustentabilidade pode ser determinada por um conjunto de fatores econômicos, sociais e ambientais, em que todos devem ser contemplados no cálculo do índice de sustentabilidade, formados por conjunto de indicadores socioambientais (Siche *et al.*, 2007). É possível avaliar a sustentabilidade por meio de índices ou indicadores, gerando informações quantitativas, com base em metas (atributos) a serem alcançadas por meio de estratégias de longo prazo (Feil; Schreiber, 2019).

Como principal fator limitante, tem-se a complexa dinâmica das interações entre os fenômenos socioambientais em estudo. Nesse contexto, o SMSA proporciona uma sistematização da abordagem de avaliação e permite identificar os principais impactos e riscos associados à operação de uma infraestrutura no meio urbano. Dessa forma, um SMSA deve ser entendido como uma ferramenta de monitoramento composta por variáveis associadas com base em métodos que apresentam resultados quantitativos por meio de índices e indicadores (Brakarz *et al.*, 2022). Como resultado, tem-se que o modelo SMSA proposto pode ser utilizado como ferramenta de avaliação da sustentabilidade de uma infraestrutura urbana, ainda que limitado e caracterizando-se como uma simplificação das complexas interações de fenômenos socioambientais.

2 Metodologia

Por definição, um modelo conceitual tem por propósito gerar a compreensão sobre o funcionamento do objeto da pesquisa, explicando sob premissas técnico-científicas os conceitos

e atributos de um sistema (Ganzert, 2012). O modelo conceitual de um SMSA tem por finalidade simplificar a representação dos complexos fenômenos socioambientais inter-relacionados, em especial a ação de ocupação antrópica local, condições operacionais do SES, eventos climáticos, sazonalidade de ocupação e características socioeconômicas (Feil; Schreiber, 2019). Dessa forma, a natureza dessa pesquisa é tipo aplicada e com relação aos objetivos é classificada como descritiva. Uma vez que, propõe desenvolver um modelo conceitual para um sistema de monitoramento socioambiental de uma infraestrutura em operação no município de Pontal do Paraná (Prodanov; Freitas, 2013, p. 51-6).

Quanto ao planejamento do estudo, este foi dividido em três etapas: desenvolvimento de um referencial teórico, elaboração do modelo conceitual do SMSA e a consolidação (validação) desse modelo, com base nos dados do município de Pontal do Paraná - PR. Sinteticamente, o modelo conceitual proposto estabelece uma ordem de causalidade entre indicadores (variáveis) e atributos (requisitos) de desempenho de um SES. Com a finalidade de gerar um conjunto de informações quali-quantitativas, organizadas pelas dimensões de sustentabilidade e com foco na gestão socioambiental de uma infraestrutura (Pereira; Curi, 2012). Para tal, foram selecionados os indicadores e índices componentes do SMSA, com base na “Matriz de Correlação de Dimensões e Indicadores” (IBGE, 2015), “Indicadores ODS” (IPARDES, 2022) e “Indicadores do Saneamento” (MDR, 2021).

Quanto aos requisitos do sistema, foram adotadas as normativas recomendadas pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, que consistem em atributos para uma infraestrutura considerada pelas instituições financeiras como aderente ao processo de desenvolvimento sustentável de uma região (BID, 2019).

Quanto à sistematização do modelo conceitual, tem-se o seguinte encadeamento e sequência construtiva do SMSA: atributos, subindicadores, indicadores, índices e níveis da sustentabilidade, que têm como propósito a estruturação do SMSA. Para a obtenção dos dados relativos aos subindicadores componentes do SMSA, específicos do município de Pontal do Paraná - PR, recorreu-se a bancos de dados públicos do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), do Sistema Nacional de informações do Saneamento (SNIS), do Sistema Único de Saúde (SUS) e do *site* da Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná.

Ilustra-se, no Quadro 1, os tópicos, finalidades, abordagens, fatores limitantes e métodos adotados no trabalho, nas etapas 1 e 2, com a construção do referencial teórico e estruturação do modelo:

Quadro 1: Metodologia do Modelo Teórico

Tópico	Finalidade	Metodologia		
		Abordagem	Fatores	Métodos adotados
1 Referencial Teórico	Definição dos conceitos de sustentabilidade, modelos teóricos e dados primários para construção do SMSA	Descritiva, baseada em pesquisa bibliográfica e dados secundários	Dificuldades na obtenção de um referencial técnico - científico quanto ao tema adotado.	Pesquisa em sítios eletrônicos por meio de palavras chaves
2 Elaboração do modelo conceitual do SMSA	Definição dos atributos (critérios) formadores dos requisitos do SMSA para uma infraestrutura urbana	Qualitativa e descritiva, baseada nos referenciais normativos e notas metodológicas de instituições financeiras e órgãos de governo	A generalização de referências e notas técnicas que versam sobre o assunto, mas sem critérios claros quanto a sua aplicabilidade	Adaptação da “Ficha de Sustentabilidade” (Avaliação..., s. d.)
3 Definição dos subindicadores e indicadores componentes do SMSA	Formação do conjunto subindicadores, classificados, caracterizados e normalizados por dimensão da sustentabilidade	Quantitativa baseada em dados primários com abordagem descritiva.	Disponibilidade de dados temporais e de acesso a subindicadores que atendam os atributos com perda de representatividade do modelo final.	Pesquisa em sítios eletrônicos por meio de palavras chaves e o uso “Objectives and Key Results” (OKR), Cadeia de Valor - 6E”s

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

2.1 Construção do Referencial Teórico

Na primeira etapa, referencial teórico, do ponto de vista do procedimento técnico foram utilizadas pesquisas do tipo bibliográfica e documental, contemplando consultas eletrônicas de publicações acadêmicas e institucionais, bem como de leis, normas e artigos correlatos a temática de instituições nacionais e internacionais.

Durante os trabalhos de construção do referencial teórico, foram empregadas as seguintes palavras-chave: “Infraestrutura Sustentável”; “Sustentabilidade”; “Saneamento Básico”; “Metodologia para construção de Indicadores”; “Objetivos do Desenvolvimento Sustentável”; “Princípios do Equador”; “Monitoramento Socioambiental” e “Indicadores Socioambientais” com pesquisa nos seguintes sítios eletrônicos: ScienceDirect[®], SciElo[®], Google Acadêmico[®].

2.2 Estruturação do SMSA

O SMSA foi estruturado com base em métodos específicos, com o intuito de mensurar quantitativamente os fenômenos socioambientais e econômicos associados à operação de uma infraestrutura de esgotamento sanitário. Na estruturação do modelo de SMSA, a seleção de requisitos do sistema foi fundamentada em atributos reconhecidos pelo BID e estabelecidos na

Ficha de Sustentabilidade (FS). A FS é um conjunto de requisitos (atributos), para avaliação socioambiental de projetos de infraestrutura, adaptados à realidade brasileira (Avaliação..., s. d.).

Destaca-se, conceitualmente, os atributos podem ser considerados como as propriedades associadas os requisitos em um sistema de monitoramento, que revelam as características a serem avaliadas, normalmente, relacionadas com exterioridades positivas (Calazans, 2014). Os atributos estabelecidos na FS são recomendados pelo BID para execução de auditorias socioambientais, ora realizadas por instituições financeiras, onde o objeto de financiamento seja uma infraestrutura e com o propósito de avaliar impacto do investimento no desenvolvimento sustentável de uma determinada região (IFC, 2019).

Uma vez definidos os requisitos do SMSA, utilizou-se da “Matriz de Correlação de Dimensões e Indicadores” do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o método “Objectives and Key Results” (OKR), com o intuito de relacionar dados públicos de indicadores socioambientais com os atributos (IBGE, 2015). Como resultado da estruturação do SMSA, foram organizados 14 (quatorze) atributos socioambientais em 03 dimensões da sustentabilidade, estes relacionados a pares de subindicadores socioambientais.

Como resultado, segue o seguinte encadeamento do modelo conceitual: para os 6 (seis) atributos da dimensão ambiental são 12 (doze) subindicadores, para os 6 (seis) atributos da dimensão social tem-se 12 (doze) subindicadores e para os 2 (dois) atributos da dimensão econômica são 4 (quatro) subindicadores. Em relação aos dados, para o estudo de caso do SES de Pontal do Paraná, foram obtidos durante a pesquisa bibliográfica junto ao Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) com os “Indicadores ODS”, no Sistema Único de Saúde (SUS), nos “Indicadores do Saneamento” do Sistema de Informações do Saneamento (SNIS) e com a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Resumidamente, o método “Objectives and Key Results” (OKR) permitiu verificar a relação entre os requisitos obtidos na FS, com os subindicadores pesquisados na etapa do referencial teórico, e os relacionar com as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). No modelo conceitual adotado, cada atributo possui um par de subindicadores quantitativos, adimensionais, ponderados e de único sentido, que permitem o cálculo de um indicador por atributo do modelo conceitual e seus respectivos índices da sustentabilidade para cada dimensão considerada no SMSA.

Por sua vez, a metodologia “Cadeia de Valor e os 6E’s de Desempenho”, subsidia o critério de classificação e ponderação dos subindicadores, baseado nos conceitos de causa-efeito. Conforme preconiza, os pares de subindicadores foram caracterizados por tipo: “esforço” com peso de 60% ou de “resultado” com peso de 40%, isso na ponderação de cada

indicador específico do SMSA. Na metodologia adotada, “Cadeia de Valor e os 6E’s de Desempenho”, recomenda-se que seja realizada a ponderação também dos indicadores, para formação de índices sintéticos representativos do fenômeno em estudo (Brasil, 2009).

Optou-se então pela realização de uma pesquisa quantitativa, por meio de um questionário enviado para 30 profissionais ligados à área ambiental, com o envio de e-mail, a cada um dos participantes, de um formulário para respostas, com uso da ferramenta disponível no *site* “Google Formulários[®]”. Para a fase de planejamento e realização da pesquisa, foi selecionada a seguinte pergunta chave e conceito a ser avaliado: considerando a implantação um Sistema de Esgotamento Sanitário - SES, classifique os aspectos socioambientais, com pesos de 0 a 10, que na sua opinião são mais relevantes, tendo em vista o seguinte conceito:

O saneamento básico é o conjunto de infraestruturas relacionadas a saúde pública, sustentabilidade ambiental, preservação de recursos hídricos, qualidade de vida, desenvolvimento social e econômico sustentável (MDR, 2021, p. 3).

Quanto aos aspectos socioambientais classificados pelos entrevistados, foram transcritos os atributos adotados no SMSA. Os atributos econômicos não fizeram parte do questionário, tendo em vista serem formados por apenas dois elementos — para esta dimensão a ponderação adotada é de 50% para cada indicador resultado. A entrevista com especialistas, se configura como uma pesquisa baseada em dados quantitativos, alcançados por meio de questionários, relativos à percepção de importância de parcela do público-alvo, quanto aos atributos e indicadores utilizados no SMSA.

Classificada como uma amostra não probabilística, com técnica de amostragem intencional direcionada, com uso de questões fechadas e de resultado direto de distribuição dos pesos, estes demonstrados da sequência deste artigo. Desta forma, modelo conceitual do SMSA resume-se a um conjunto de subindicadores, indicadores e índices, organizados nas 03 (três) dimensões do SMSA: ambiental, social e econômica, que resulta em 03 índices da sustentabilidade, para o monitoramento dos aspectos socioambientais da infraestrutura em estudo.

Com finalidade de verificar aderência da infraestrutura aos atributos do SMSA, com uma base qualitativa, foram adaptados os níveis de sustentabilidade, encontrados durante os trabalhos de revisão bibliográfica e considerados como premissa na presente pesquisa. Desta forma, segue na Tabela 01 - Classificação dos Níveis da Sustentabilidade, que coloca uma correspondência entre o valor numérico do índice de sustentabilidade por ano, com os critérios qualitativos, adaptados em suas faixas de valores distribuídos conforme método de *Linkert*.

Tabela 01: Classificação em níveis da sustentabilidade

Faixa de valores dos índices	Classificação
0% a 15%	muito fraca
16% a 30%	fraca
31 a 45	média fraca
46 a 60	média
61 a 75	média forte
76 a 90	forte
90 a 100	muito forte

Fonte: Feil; Schreiber, 2019.

2.3 Consolidação do SMSA

Finalmente, para a terceira etapa de consolidação do modelo, destinada a testar e validar o SMSA, foram utilizados os dados do SES implantado no município de Pontal do Paraná, relativos aos anos 2012 e 2020. No Quadro 2, resume-se os tópicos, finalidades, abordagens, fatores limitantes e métodos adotados na etapa de consolidação (validação) do modelo.

Quadro 2: Metodologia de consolidação do modelo

Tópicos	Finalidade	Metodologia		
		Abordagens	Fatores limitantes	Métodos adotados
1 Cálculo dos indicadores e índices para SES Pontal do Paraná	Compilação dados relacionados aos subindicadores do SMSA cálculo dos indicadores e índices	Quantitativa baseada em dados secundários, com abordagem analítica e de valoração	Indisponibilidade de dados históricos do SNIS e IBGE, limitando o estudo de caso na 9 anos de escala temporal, entre os anos de 2012 e 2020.	Coleta de dados em sítios eletrônicos IPARDES, IBGE, SUS, para os cálculos dos indicadores e índices da sustentabilidade SES - Pontal do Paraná

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os resultados foram analisados quanto à homogeneidade dos dados utilizando uma medida de dispersão denominada coeficiente de variação. Em síntese, por meio do cálculo da correlação de Pearson, quantificou-se a “força de associação linear” entre as variáveis, no caso, entre os subindicadores e os índices calculados, para verificar o grau de representatividade e ajuste linear do modelo do SMSA (Guedes *et al.*, 2011)

3 Resultados

Como resultado da pesquisa temos que o SMSA é capaz de fornecer informações sobre diversos fenômenos socioambientais associados à operação de uma infraestrutura, organizadas pelas dimensões da sustentabilidade, o que possibilita serem interpretados de forma coordenada e pelas dimensões da sustentabilidade (Van Belém, 2004).

3.1 Estrutura do SMSA

Como resultado da Estruturação do SMSA e como contribuição a novos estudos, segue, no Quadro 3, a matriz do modelo conceitual utilizada no desenvolvimento do SMSA.

Quadro 3: Matriz do modelo conceitual

	Atributo	MetasODS	Subindicadores (Fonte)	Tipo	Indicador (Peso)
Ambiental	A 1 - Redução da emissão de gases de efeito estufa	ODS 9.4	(SI-1) - Intensidade Carbônica Esgoto - IICE (Sanepar, 2022)	Estado (60%)	A1 (10%)
		ODS 9.4	(SI-2) Sazonalidade por Consumo - ISC (MDR, 2021)	Resposta (40%)	
	A 2 - Riscos climáticos, resiliência e gestão de desastre	ODS 11.3	(SI-3) Crescimento Urbano Vegetativo - ICV (MDR, 2021)	Estado (60%)	A2 (5%)
		ODS 13.1.	(SI-4) Pessoas Afetadas por Desastres - IDA (Ipardes, 2021)	Resposta (40%)	
	A 3 - Biodiversidade	ODS 15.1	(SI-5) Eficiência da Rede Coletora - IERC (MDR, 2021)	Estado (60%)	A3 (20%)
		ODS 15.1	(SI-6) Funcionamento do Sistema – IFS. (MDR, 2021)	Resposta (40%)	
	A 4 - Controle e monitoramento dos poluentes	ODS 6.3	(SI-7) Conformidade de Efluentes - ICE (Sanepar, 2022)	Estado (60%)	A4 (40%)
		ODS 6.6	(SI-8) Conformidade Ambiental - ICA (Sanepar, 2022)	Resposta (40%)	
	A 5 - Uso eficiente de materiais e redução de resíduos	ODS 12.4	(SI-9) Remoção de Lodo e Resíduos - IRL (Sanepar, 2022)	Estado (60%)	A5 (15%)
		ODS 12.4	(SI-10) Consumo Produto Químico Esgoto - ICQ (MDR, 2021)	Resposta (40%)	
	A 6 - Eficiência energética e hídrica	ODS 7.3	(SI-11) Eficiência Energética - IEE (MDR, 2021)	Estado (60%)	A6 (10%)
		ODS 12.2	(SI-12) Estresse Hídrico - IEH (Sanepar, 2022)	Resposta (40%)	
Social	A 7 - Acesso ao serviço e acessibilidade do serviço	ODS 6.2	(SI-13) Atendimento com Rede - IARCE (MDR, 2021)	Estado (60%)	A7 (15%)
		ODS 1.5	(SI-14) Tarifa Social - ITS (MDR, 2021)	Resposta (40%)	
	A 8 - Envolvimento das partes interessadas	ODS 16.7	(SI-15) Reclamação Clientes - IRC (MDR, 2021)	Estado (60%)	A8 (10%)
		ODS 6.6.b	(SI-16) Pesquisa de Satisfação - IPS (Sanepar, 2022)	Resposta (40%)	
	A 9 - Integração de pessoas com deficiência e necessidades especiais	ODS 1.4	(SI-17) Despesas Assistência Social - IDS (Ipardes, 2022)	Estado (60%)	A9 (20%)
		ODS 11.1	(SI-18) Desenvolvimento Municipal Saúde - IPDM-S (Ipardes, 2022)	Resposta (40%)	
	A 10 - Direitos humanos e trabalhistas	ODS 6.a	(SI-19) Capacitação Força de Trabalho - ICAF (Sanepar, 2022)	Estado (60%)	A10 (5%)
		ODS 13.3	(SI-20) Desenv. Municipal - Geral - IPDM-G (Ipardes, 2022)	Resposta (40%)	
	A 11 - Integração de gênero	ODS 5.5	(SI-21) Rendimento Nominal Médio Municipal - IRN (Ipardes, 2022)	Estado (60%)	A11 (10%)
		ODS 8.5	(SI-22) Mulheres Posição Gerencial - PMPG (Ipardes, 2022)	Resposta (40%)	
	A 12 - Saúde e segurança	ODS 3.9	(SI-23) Doenças Relacionadas ao Saneamento - DRSAl (SUS, 2022)	Estado (60%)	A12 (40%)
		ODS 3.9	(SI-24) Violência e Crimes - IVC (Ipardes, 2022)	Resposta (40%)	
Econômica	A 13 - Retorno econômico e social positivo	ODS 9.1	(SI-25) Lucros Antes de Juros, Imp. Depreciação - EBTIDA (MDR, 2021)	Estado (60%)	A13 (50%)
	A 14 - Criação de emprego	ODS 8.2	(SI-27) População Empregada - IEP (Ipardes, 2022)	Estado (60%)	A14 (50%)
		ODS 8.8	(SI-28) Desenvolvimento Municipal Renda - IPDM-R (Ipardes, 2022)	Resposta (40%)	

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Nessa matriz estão sintetizados os requisitos (atributos) qualitativos do sistema de monitoramento, com base na FS, correlacionados aos indicadores e subindicadores pesquisados e às metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Como fator limitante da pesquisa e da generalização do modelo conceitual, identifica-se a dificuldade de manutenção dos bancos de dados pelas instituições públicas em relação aos subindicadores estabelecidos no SMSA. Assim como o acesso aos dados da concessionária de saneamento, que foram solicitados via *link*: <https://transparencia.sanepar.com.br/>. Diante da limitação, com vistas a estabelecer um referencial para os elementos componentes do SMSA, esses elementos foram relacionados com as metas ODS.

No Quadro 4 seguem as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, utilizadas no desenvolvimento do SMSA para a seleção dos subindicadores componentes do SMSA.

Quadro 4: relação de metas ODS

ODS	Meta	Descrição meta
1	1.4	Até 2030, garantir que todos os homens e mulheres, particularmente os pobres e vulneráveis, tenham direitos iguais aos recursos econômicos, bem como acesso a serviços básicos, propriedade e controle sobre a terra e outras formas de propriedade, herança, recursos naturais, novas tecnologias apropriadas e serviços financeiros, incluindo microfinanças
1	1.5	Até 2030, construir a resiliência dos pobres e daqueles em situação de vulnerabilidade, e reduzir a exposição e vulnerabilidade destes a eventos extremos relacionados com o clima e outros choques e desastres econômicos, sociais e ambientais
3	3.9	Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo
5	5.5	Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para a liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública
6	6.2	Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade
6	6.a	Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados a água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso
6	6.b	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.
6	6.6	Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos
7	7.3	Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética
8	8.2	Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra
8	8.4	Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o "Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis", com os países desenvolvidos assumindo a liderança
8	8.5	Até 2030, alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência, e remuneração igual para trabalho de igual valor
8	8.8	Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros

9	9.1	Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos
9	9.4	Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades
11	11.1	Até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas
11	11.3	Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países
12	12.4	Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente
12	12.2	Até 2030, alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais
13	13.1	Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países
13	13.3	Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação global do clima, adaptação, redução de impacto, e alerta precoce à mudança do clima
15	15.1	Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial, florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais
16	16.7	Garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis

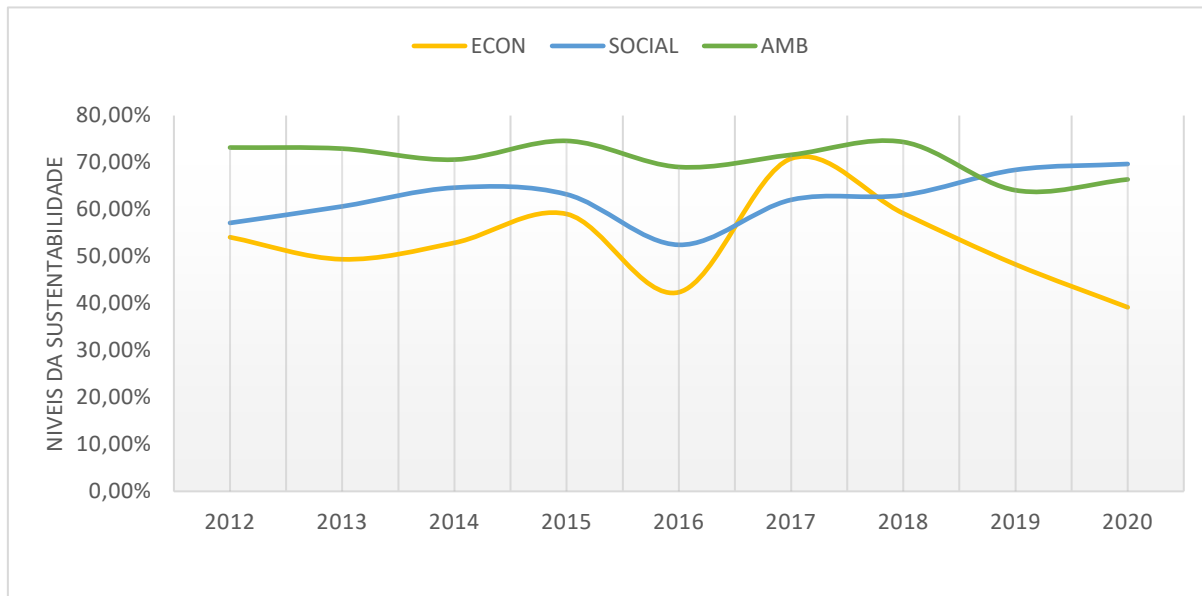
Fonte: Objetivo..., s. d.

3.2 Resultados dos estudos de caso para Pontal do Paraná - PR

Quanto aos resultados obtidos no caso do SES Pontal do Paraná, destacam-se os índices que apontam para uma mitigação dos impactos negativos sobre a biodiversidade local, advindos da sazonalidade da ocupação urbana, baixa e alta temporada e da diminuição da poluição promovida por esgotos domésticos. Esses resultados sinalizam, também, oportunidades de melhorias quanto aos subprocessos de redução da emissão de gases estufa na eficiência do tratamento e redução do uso de produtos químicos. Outros destaques ficam por conta dos indicativos de maior eficiência no uso da energia elétrica e da disponibilidade do acesso à infraestrutura de esgotamento sanitário para a população local, com diminuição da ocorrência de doenças relacionadas ao saneamento inadequado.

Na sequência é apresentado o Gráfico 1, no qual constam os resultados dos índices de sustentabilidade por dimensão, em uma série temporal dos anos de 2012 a 2020, como resultado da etapa 3 (consolidação do modelo).

Gráfico 1: Resultados dos índices da sustentabilidade – SES Pontal do Paraná



Fonte: Autores (2024).

4 Considerações finais

Com o presente estudo identifica-se que empreendimentos de infraestrutura urbana, entre os quais os de saneamento básico, geram impactos socioambientais, tanto positivos como negativos, na região em que forem implantados. Assim, há uma demanda crescente para o monitoramento desses impactos, especialmente por parte das instituições diretamente relacionadas ao licenciamento, financiamento e funcionamento das infraestruturas. Dessa forma, verifica-se que o monitoramento de impactos socioambientais, relativos à implementação de infraestrutura na malha urbana de um município, deve ser realizado desde sua concepção (projetos) e durante as fases de implantação, operação e desmobilização.

Dentro desse contexto e com o desenvolvimento da presente pesquisa, pode-se afirmar o objetivo geral foi alcançado. É possível afirmar que o SMSA proposto permite sua replicabilidade e generalização, com ajustes e limitações para outros tipos de infraestrutura. O estudo traz uma abordagem estruturada do problema, sistematizado com o uso de métodos para obtenção dos componentes: requisitos, indicadores e subindicadores, na etapa de estruturação e construção do SMSA. Com o uso combinado dos métodos, Cadeia de Valor 6E's, PER e OKR, foram harmonizados os parâmetros envolvidos e obteve-se uma aderência satisfatória do modelo aos requisitos de sustentabilidade, indicando sua adequação ao modelo conceitual do SMSA, que permite ser adotado para monitoramento da infraestrutura ao longo de sua vida operacional.

Dessa forma, conforme os resultados obtidos na etapa de consolidação e validação, verifica-se que o SMSA tem capacidade para identificar intercorrências na operação do SES,

advertindo as partes interessadas sobre possíveis relações de causa-efeito e tendências relacionadas aos aspectos socioambientais monitorados. Conclui-se que o SMSA proposto poderá ser utilizado para subsidiar decisões estratégicas da concessionária de saneamento, especialmente no tocante à proposição de políticas públicas e às decisões sobre novos investimentos, bem como para promover a maior participação social nos empreendimentos de saneamento.

Como contribuição para futuras pesquisas, tem-se que o estudo incorpora e organiza importantes subsídios para o desenvolvimento de novas ferramentas de monitoramento socioambiental e que possui caráter inovador, por integrar os conceitos atrelados a uma “infraestrutura sustentável”.

Referências

AVALIAÇÃO dos atributos de sustentabilidade dos projetos de infraestrutura no Brasil. **investimentos.dth.mdic.gov.br**, [s. d]. Disponível em: <https://investimentos.dth.mdic.gov.br/sustentabilidade.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

BID. **What is Sustainable Infrastructure?** A Framework to Guide Sustainability Across the Project Cycle. [s. l.]: IDB Invest, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0001043>. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/what-sustainable-infrastructure-framework-guide-sustainability-across-project-cycle>. Acesso em: 3 out. 2022.

BRAKARZ, B. *et al.* **Metodologia de Sustentabilidade do Monitor de Investimentos**. [s. l.]: BID, 2022.

BRASIL. **Mapeamento Bibliográfico e do Estado da Arte sobre Indicadores de Gestão**, Produto 4: Guia Referencial para Medição de Desempenho e Manual para Construção de Indicadores. Brasília: Ministério do Planejamento, 2009. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/613>. Acesso em: 16 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil**, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 37 p. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/analise_indicadores_agua_consumo_humano_doenças_hidrica_brasil_2013.pdf. Acesso em: 16 out. 2022.

CALAZANS, A. T. S. **Qualidade da informação: conceitos e aplicações**, v. 20, n. 1, p. 29-45, abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tinf/a/hfvRLR68SKzJrtDQ3DqGKLw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 out. 2022.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Análise dialógica dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 13, p. 317-333, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.061305>. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v6n13/v06n13a05a.html>. Acesso em: 04 nov. 2024

GANZERT, C. C. **Desenvolvimento Sistêmico, Equidade e Interdependência**: a busca por um modelo conceitual de gestão do equilíbrio das relações entre agentes econômicos regionais. 2012, 346 f. Tese (Doutorado em Ciências) — Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, 2012. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.96.2012.tde-21122012-102824>. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-21122012-102824/publico/ChristianCGanzert_Original.pdf. Acesso em: 04 nov. 2024.

GUEDES, T. A. *et al.* **Estatística Descritiva**. [s. l.]: [s. n.], 2011. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~rvicente/Guedes_et_al_Estatistica_Descritiva.pdf. Acesso em: 04 nov. 2024.

IFC. International Finance Corporation. **Avaliação e Gestão de Riscos e Impactos Socioambientais**. [s. l.]: IFC, 2019. Disponível em: <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2021/20210614-ifc-ps-guidance-note-1-pt.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

IPARDES. **Anuário Estatístico do Estado do Paraná**. [s. l.]: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2022. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/anuario_2022/index.html. Acesso em: 04 nov. 2024.

MDR - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral**. Brasília: MDR, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 15 ago. 2022.

OBJETIVO de desenvolvimento sustentável 11: cidades e comunidades sustentáveis. **brasil.un.org**, [s. d.]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 04 nov. 2024.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35-57, 2012. Disponível em: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/78/pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.

RIBEIRO, M. S. *et al.* Os Equívocos dos Indicadores de Sustentabilidade. **Revista Estudos Ambientais**, v. 16, n. 64, 2018. Disponível em:
<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3210>. Acesso em: 03 out. 2024.

ROBÉRT, K.; BROMAN, G. I. A framework for strategic sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, n. 140, p. 17-31, 2017. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.121>.

PORTAL da Transparência. **transparencia.sanepar.com.br**, [s. d.]. Disponível em:
<https://transparencia.sanepar.com.br/>. Acesso em: 03 out. 2024.

SICHE, R. *et al.* Índices Versus Indicadores: Precisões Conceituais na Discussão da Sustentabilidade de Países. **Ambient. soc.**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>. Acesso em: 03 out. 2024.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 2, n. 1, p. 01-14, mar. 2004. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cebape/a/k77Q3nc4KhT3cfFJS9jRKwh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2024.

Data de submissão: 20 de novembro de 2024

Data de aceite: 30 de outubro de 2024