

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Ecosan Sustentabilidade

2025



Relatório técnico relativo a acordo de cooperação UNIP-ECOSAN

Pos-doc: Dr. Cristhiane E. Santos

Supervisão: Dr. Cecilia M.V. B. Almeida



Sumário



1. Introdução.....	5
1.1 Objetivo geral.....	6
1.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificativa.....	7
2. A Ecosan.....	8
2.1 O que é a empresa: missão, visão e valores.....	9
2.2 Vocação para inovação (usar a Avaliação da Sustentabilidade e o Relatório (com recomendações) como vetor de inovação e competitividade.....	10
3. Referências bibliográficas.....	10
3.1 Indicadores.....	11
3.2 5 SEnSU como modelo de Avaliação da Sustentabilidade.....	12
3.3 5 SENSU+G – ampliação de escopo do 5 SEnSU.....	13
4. Avaliação da Sustentabilidade da Ecosan.....	13
5. 5 SEnSU+G.....	14
5.1 Constructo do modelo de avaliação 5 SEnSU.....	14
5.2 5 SEnSU+G, ampliação de escopo.....	15
5.3 Indicadores do modelo 5 SEnSU+G.....	15
5.3.1 K11 – Energia elétrica.....	17
5.3.2 K12 – Emergia.....	30
5.3.3 K21 – Emissões.....	65
5.3.4 K22 – Resíduos sólidos.....	75
5.3.5 K31 – Gestão dos resíduos sólidos (redução de custos).....	84
5.3.6 K32 – Ebitda.....	93
5.3.7 K41 – Engajamento dos colaboradores.....	98
5.3.8 K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa.....	102
5.3.9 K51 – Empregos.....	107
5.3.10 K52 – Salários.....	111
5.3.11 K61 – Emergia + energia elétrica.....	119
5.3.12 K62 – Resíduos sólidos + emissões.....	125
5.3.13 K63 – Ebitda ± gestão de resíduos sólidos.....	132
5.3.14 K64 – IDH segmentado.....	137
5.3.15 K65 – Gini segmentado.....	148
5.4 Metas.....	155
5.4.1 Definição das metas e referências e critérios (justificativa da escolha das metas).....	156
5.4.1.1 K11 – Energia elétrica.....	156
5.4.1.2 K12 – Emergia.....	161
5.4.1.3 K21 – Emissões.....	162
5.4.1.4 K22 – Resíduos sólidos.....	165
5.4.1.5 K31 – Resíduos sólidos (redução de custos).....	167
5.4.1.6 K32 – Ebitda.....	169



6.4.1.7 K41 – Engajamento dos colaboradores	170
6.4.1.8 K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa	172
5.4.1.9 K51 – Emprego	174
5.4.1.10 K52 – Salário.....	175
5.4.1.11 K61 – Emergia + energia elétrica.....	177
5.4.1.12 K62 – Resíduos sólidos + emissões	178
5.4.1.13 K63 – Ebitda ± gestão de resíduos sólidos	180
5.4.1.14 K64 – IDH segmentado.....	181
5.4.1.15 K65 – Gini segmentado.....	184
5.5 Indicador sintético de sustentabilidade do sistema	186
5.5.1 Programação por metas	188
6. Avaliação da sustentabilidade – Econsan	189
6.1 Análise detalhada do gráfico de Pareto	191
6.2 Análise setorial.....	193
6.3 Análise isolada dos indicadores do setor de governança	200
7. Considerações finais.....	201
7.1 Síntese setorial (o que mais pesou e por quê).....	202
7.2 Determinantes do desempenho (o que o Pareto ensinou).....	202
7.3 Leitura metodológica (por que o resultado é confiável)	203
7.4 Implicações estratégicas (o que fazer com essa informação)	203
7.5 Papel da governança e evolução do ISSS.....	203
7.6 Conexão com estratégia e elegibilidade	203
8. Proposta de projetos futuros.....	203
Referências bibliográficas	205

1. Introdução

A Avaliação da Sustentabilidade de sistemas produtivos é uma exigência cada vez mais presente em contextos regulatórios, institucionais e mercadológicos. A incorporação de critérios ambientais, sociais, econômicos e de governança nos processos decisórios é reconhecida como estratégica para a perenidade das organizações e para o cumprimento de compromissos nacionais e internacionais assumidos, como a Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas, 2015), a ISO 26000:2010 e os padrões internacionais de relato GRI (*Global Reporting Initiative*, 2021)¹.

Entre as abordagens disponíveis, os modelos sistêmicos vêm ganhando destaque por sua capacidade de representar, de forma integrada e quantitativa, as múltiplas dimensões da sustentabilidade organizacional. Nesse contexto, destaca-se o modelo 5 SE_nSU – *Five Sector Sustainability Model*, desenvolvido por Giannetti et al. (2019), que propõe a avaliação do desempenho sustentável de sistemas produtivos por meio da análise de cinco setores interdependentes:

¹ O GRI (*Global Reporting Initiative*) é uma organização internacional, sem fins lucrativos, que desenvolve e gerencia um conjunto de padrões para a elaboração de Relatórios de Sustentabilidade corporativa. Esses padrões visam fornecer uma linguagem comum para que empresas, governos e outras organizações comuniquem seus impactos ambientais, sociais e de governança (ESG) de forma transparente e comparável.



- Setor 1: o meio ambiente como fonte de recursos;
- Setor 2: o meio ambiente como receptor de resíduos;
- Setor 3: a unidade de produção;
- Setor 4: a sociedade fornecendo recursos à produção;
- Setor 5: a sociedade recebendo benefícios da produção.

Cada setor é representado por dois indicadores quantitativos, totalizando dez indicadores adimensionais, auditáveis e comparáveis. O modelo tem sido aplicado em diferentes estudos de caso industriais e acadêmicos, com reconhecida robustez metodológica e operacional.

A presente avaliação amplia esse modelo por meio da incorporação de um sexto setor dedicado à Governança, originando o modelo 5 SEnSU+G, de autoria da pesquisadora responsável por este estudo. A ampliação é inédita e foi concebida no âmbito de um programa de pesquisa aplicada, com o objetivo de superar uma limitação reconhecida do modelo original: a ausência de um eixo dedicado à mensuração da governança para a sustentabilidade, fator decisivo para a efetividade das ações nos demais setores (CHOURASIYA; MISHRA; DAS, 2022; SALVADO et al., 2015).

O setor de Governança do 5 SEnSU+G é composto por cinco indicadores quantitativos: dois voltados à governança ambiental, um à governança econômica e dois à governança social. Essa estrutura amplia a capacidade de diagnóstico e monitoramento do modelo, ao incorporar variáveis institucionais, estratégicas e operacionais que afetam diretamente o desempenho sustentável das organizações.

A aplicação do modelo à Ecosan constitui o eixo central deste relatório técnico. A avaliação aqui apresentada está fundamentada em dados empíricos, critérios técnicos e normativos, e constitui parte integrante do Relatório de Sustentabilidade da empresa, fornecendo suporte à comunicação com *stakeholders*, à definição de metas e ao alinhamento com programas de fomento e políticas públicas, como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2024).

1.1 Objetivo geral

Realizar a avaliação técnica e quantitativa da sustentabilidade da Ecosan, com base na aplicação do modelo 5 SEnSU+G, a fim de mensurar o desempenho da organização em seis setores sistêmicos — meio ambiente como fonte e receptor, unidade de produção, sociedade como ofertante e beneficiária, e governança institucional — por meio de indicadores simultâneos, adimensionais, comparáveis e auditáveis, gerando subsídios para a melhoria contínua, a prestação de contas e a conformidade com marcos normativos e compromissos voluntários de sustentabilidade.

1.2 Objetivos específicos

a) Aplicar o modelo 5 SEnSU+G na Avaliação da Sustentabilidade de um sistema de saneamento compacto, considerando simultaneamente as dimensões ambiental, econômica, social e de governança, de forma quantitativa, multicritério e programada por metas;

b) Identificar e mensurar os impactos e benefícios do sistema produtivo da Ecosan ao longo de seu ciclo de vida, com base em indicadores representativos dos seis setores do modelo 5 SEnSU+G, segundo a metodologia desenvolvida por Giannetti et al. (2019) e ampliada neste estudo;



c) Desenvolver e validar um conjunto de 15 indicadores, sendo 10 multimétricos e 5 adimensionais, capazes de expressar, de forma sistêmica, o desempenho de sustentabilidade do sistema avaliado, assegurando coerência metodológica, comparabilidade entre ciclos e rastreabilidade dos resultados;

d) Integrar os princípios da Governança para a Sustentabilidade como vetor de monitoramento e controle sobre os setores ambiental, econômico e social, incorporando requisitos de transparência, *accountability*² e auditoria, conforme proposto por Giannetti et al. (2021), ABNT (2023), ISO 26000 (2010) e GRI (2021);

e) Contribuir para a internalização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)³ (ONU, 2015) no âmbito empresarial, com destaque para os ODS 6 (água potável e saneamento), 9 (indústria, inovação e infraestrutura), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação contra a mudança global do clima) e 16 (paz, justiça e instituições eficazes);

f) Alinhar os resultados da Avaliação da Sustentabilidade aos critérios de elegibilidade do Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2023), demonstrando a aderência da Ecosan aos princípios ESG, e viabilizando sua participação em linhas de fomento público vinculadas à FINEP, BNDES, FAPESP e outras agências que exigem métricas robustas de impacto socioambiental e de governança;

g) Fortalecer a vocação inovadora da Ecosan por meio do uso estratégico da Avaliação da Sustentabilidade como instrumento de planejamento, melhoria contínua (PDCA)⁴ e diferenciação competitiva no setor de saneamento, especialmente em contextos de licitação e parcerias institucionais.

1.3 Justificativa

A crescente complexidade dos sistemas produtivos e as demandas por transparência, rastreabilidade e responsabilização socioambiental vêm exigindo novas abordagens metodológicas para a Avaliação da Sustentabilidade. Diante desse contexto, a presente Avaliação da Sustentabilidade da Ecosan adota como referência o modelo 5 SEnSU – Five Sector Sustainability Model, desenvolvido por Giannetti, Sevegnani, Almeida, Agostinho, García e Liu (2021), que se destaca por sua estrutura integrada e multicritério, articulando indicadores quantitativos entre cinco setores fundamentais: meio ambiente como provedor e receptor de recursos, unidade de produção, sociedade como fornecedora de recursos e sociedade como receptora de benefícios.

Contudo, observa-se que o modelo original, apesar de robusto, não contempla explicitamente a dimensão da governança — aspecto central para assegurar a coerência, a continuidade e a *accountability* das práticas sustentáveis. Em resposta a essa lacuna, propõe-se a ampliação do modelo original para o 5 SEnSU+G, com a inclusão de um sexto setor dedicado à Governança. Essa inovação metodológica é inédita e se ancora na literatura que defende a centralidade da governança nos processos de Avaliação da

² “Accountability” significa responsabilidade, é um termo utilizado para descrever as práticas relacionadas a um método de controle interno e à prestação de contas.

³ Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela ONU em 2015, são um conjunto de 17 metas globais que visam construir um futuro mais justo e sustentável para todos. Eles abrangem dimensões sociais, econômicas e ambientais, buscando erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir paz e prosperidade.

⁴ PDCA é uma sigla em inglês que significa Plan-Do-Check-Act (Planejar-Fazer-Verificar-Agir), e é um ciclo de gestão para a melhoria contínua de processos. Ele é usado para identificar problemas, implementar soluções e avaliar os resultados de forma iterativa.



Sustentabilidade, sobretudo no contexto do *framework*⁵ ESG⁶ (*Environmental, Social and Governance*), como indicam Chourasiya et al. (2022), Gai et al. (2022) e Salvado et al. (2015).

A inclusão do setor de governança torna o modelo mais aderente às exigências contemporâneas de órgãos reguladores, investidores, programas de fomento e cadeias de suprimento. No caso brasileiro, o modelo 5 SEnSU+G contribui diretamente para a elegibilidade da empresa ao Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação, instituído pela Lei nº 14.690/2023, que exige comprovação de impacto ambiental e social positivo com base em métricas verificáveis (BRASIL, 2023).

Além disso, a adoção do modelo 5 SEnSU+G pela Ecosan alinha-se às recomendações da literatura especializada em Avaliação de Sustentabilidade, que aponta a necessidade de *frameworks* quantitativos, dimensionais, integrados e comparáveis, como forma de superar as limitações dos indicadores isolados (GIANNETTI et al., 2019; AGOSTINHO et al., 2019; MORENO GARCÍA et al., 2021). A estrutura do modelo permite incorporar princípios de Produção Mais Limpa (P+L)⁷ e melhorias contínuas inspiradas no ciclo PDCA, fortalecendo o processo decisório baseado em evidências e promovendo maior eficiência no uso de recursos (SILVA et al., 2021).

Por fim, a escolha desse modelo responde a uma lacuna identificada na literatura e na prática empresarial: a escassez de ferramentas que conciliem simplicidade operacional com profundidade analítica, e que permitam a articulação entre desempenho ambiental, econômico, social e governança em um único sistema de indicadores aplicável a organizações de qualquer porte e setor

2. A Ecosan

A Ecosan é uma empresa brasileira que atua no desenvolvimento, fornecimento e implantação de soluções completas para o tratamento de esgoto sanitário e industrial, com foco em tecnologias descentralizadas e de reuso de água. Seu portfólio abrange desde sistemas compactos e modulares, adequados a empreendimentos isolados e de pequeno porte, até sistemas personalizados de maior complexidade, destinados a aplicações industriais, rurais, públicas e urbanas fora da rede convencional de esgotamento.

A atuação da empresa contempla desde o projeto executivo até a instalação e comissionamento de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com diferentes tecnologias — incluindo reatores anaeróbios, lodos ativados, sistemas híbridos (MBBR – quando o reator é preenchido com milhares de transportadores de biofilme – bolas plásticas, que protegem as bactérias usadas para decompor os poluentes nas águas residuais), unidades de filtração e desinfecção, entre outras. Os sistemas da Ecosan atendem aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental brasileira e são adaptáveis a contextos variados, como canteiros de obra, assentamentos, condomínios, indústrias, propriedades agrícolas e instalações públicas.

⁵ Em português, "framework" pode ser traduzido como estrutura, esquema ou conjunto de ferramentas e práticas, e refere-se a uma base ou plataforma reutilizável para o desenvolvimento de software, sistemas ou projetos.

⁶ ESG é a sigla, em inglês, para Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança). De modo geral, o ESG mostra o quanto um negócio está buscando maneiras de minimizar os seus impactos no meio ambiente, de construir um mundo mais justo e responsável e de manter os melhores processos de administração.

⁷ Produção Mais Limpa (P+L) é uma estratégia que visa reduzir o impacto ambiental de processos produtivos, através da prevenção da poluição e da conservação de recursos naturais. Em vez de focar na gestão de resíduos após a produção, a P+L busca eliminar ou reduzir a geração de resíduos e poluentes desde a origem, no próprio processo produtivo.



A empresa insere-se no contexto da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), destacando-se especialmente pela sua contribuição ao ODS 6, Água potável e saneamento, ao ODS 9, Indústria, inovação e infraestrutura, e ao ODS 12, Consumo e produção responsáveis. Seu modelo de atuação combina inovação tecnológica, modularidade e flexibilidade operacional, o que permite atender demandas específicas em regiões desassistidas, áreas remotas ou empreendimentos que não possuem acesso à rede pública de esgoto.

2.1 O que é a empresa: missão, visão e valores

A Ecosan define como missão:

“Transformar o Brasil por meio do saneamento”, posicionando-se como uma organização comprometida com a universalização do acesso aos serviços sanitários.

Sua visão é:

“Ser referência nacional em soluções de tratamento de esgoto e reuso de água até 2030”, demonstrando foco em inovação, sustentabilidade e liderança setorial.

Entre seus valores institucionais, destacam-se a valorização das pessoas, a excelência operacional, o respeito à vida, à ética, à responsabilidade ambiental e ao crescimento conjunto.

A Política da Qualidade da Ecosan reforça esses compromissos ao estabelecer quatro pilares fundamentais:

- Satisfação do cliente por meio do atendimento rigoroso aos requisitos e melhoria contínua de processos e produtos;
- Otimização da eficiência operacional com foco na redução de custos e desperdícios;
- Responsabilidade ambiental e social, com promoção de práticas inovadoras e respeitadas às comunidades;
- Fortalecimento das parcerias estratégicas e do desenvolvimento de colaboradores, com ambiente de confiança e cooperação.

O modelo 5 SEnSU+G alinha-se diretamente à Política da Qualidade e aos valores institucionais da Ecosan, uma vez que propõe a avaliação sistemática e quantitativa do desempenho sustentável da empresa com base em seis setores interdependentes: meio ambiente como fonte e receptor, unidade de produção, sociedade como ofertante e beneficiária, e governança organizacional. Os 15 indicadores adimensionais do modelo contribuem para:

- Monitorar a qualidade ambiental e eficiência dos recursos utilizados (K11, K12, K21, K22);
- Avaliar a sustentabilidade da produção e a rentabilidade econômica (K31, K32);
- Mensurar os benefícios sociais diretos e indiretos gerados pela organização (K41, K42, K51, K52);
- Aferir a governança institucional, ambiental, econômica e social da empresa (K61 a K65), promovendo o alinhamento entre estratégia, operação e impactos.

Na prática, os indicadores de governança (K61 a K65) traduzem a capacidade da Ecosan de cumprir sua política da qualidade com base em evidências auditáveis. O K61, por exemplo, expressa a governança ambiental associada à gestão da energia e emergia, diretamente ligada à eficiência operacional e à redução de desperdícios. O K64 e o K65, por sua vez, capturam dimensões de equidade interna, valorização de



peças e justiça distributiva, em consonância com os princípios de desenvolvimento humano e crescimento conjunto afirmados nos valores organizacionais.

Ao adotar o modelo 5 SEnSU+G, a Ecosan institucionaliza um sistema integrado de avaliação que permite demonstrar, com transparência e consistência metodológica, o grau de alinhamento entre suas práticas e seus princípios institucionais. Tal coerência é essencial para a gestão estratégica da sustentabilidade, bem como para a comunicação com partes interessadas e a elegibilidade a programas de fomento como o MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2024).

2.2 Vocação para inovação (usar a Avaliação da Sustentabilidade e o Relatório (com recomendações) como vetor de inovação e competitividade

A Ecosan consolida sua identidade institucional como uma organização com vocação estruturante para a inovação em saneamento descentralizado e reuso de água. Essa orientação expressa sua atuação tecnológica, voltada ao desenvolvimento de soluções adaptáveis, modulares e de alto desempenho ambiental, bem como também em sua disposição em incorporar ferramentas avançadas de diagnóstico, planejamento e melhoria contínua.

Neste contexto, a Avaliação da Sustentabilidade com base no modelo 5 SEnSU+G não se configura apenas como um instrumento de mensuração do desempenho organizacional, mas como um vetor estratégico de inovação, ao permitir:

- Quantificar evidências de sustentabilidade em múltiplas dimensões, com base em 15 indicadores simultâneos e adimensionais;
- Identificar gargalos e potencialidades ocultas nos fluxos ambientais, operacionais, econômicos e sociais, orientando intervenções baseadas em dados;
- Conectar os resultados a metas, diretrizes e compromissos voluntários, promovendo *accountability*, rastreabilidade e valorização institucional;
- Alinhar a governança interna da sustentabilidade com políticas públicas setoriais, como o Programa MOVER (Lei nº 14.933/2024), e com diretrizes internacionais como os ODS, a ISO 26000 (2010) e a GRI 2021⁸.

O relatório técnico que resulta desta avaliação, ao combinar diagnóstico sistêmico, recomendações personalizadas e base empírica auditável, oferece um suporte qualificado para a tomada de decisão estratégica e o reposicionamento competitivo da Ecosan em seu setor de atuação.

Ao instituir esse processo como prática recorrente, a empresa fortalece uma lógica de inovação organizacional baseada em evidências, condição cada vez mais valorizada por investidores, financiadores, reguladores e clientes institucionais. Isso amplia suas credenciais para parcerias público-privadas, licitações, acesso a crédito verde e programas de fomento à inovação, consolidando a sustentabilidade como diferencial competitivo real e não apenas reputacional.

3. Referências bibliográficas

⁸ GRI 2021 refere-se aos padrões atualizados da Global Reporting Initiative (GRI) para Relatórios de Sustentabilidade, lançados em 2021. Estes padrões fornecem um quadro comum para empresas e outras organizações comunicarem seus impactos sociais, ambientais e econômicos, promovendo a transparência e a responsabilidade.



3.1 Indicadores

O uso de indicadores quantitativos é elemento central no processo de tomada de decisão orientado à sustentabilidade (GIANNETTI et al., 2019). A literatura técnica e publicações institucionais, como a cartilha da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2004), reforçam que não é mais possível dissociar desenvolvimento e sustentabilidade, pois esta se consolidou como base para organizações e países comprometidos com impactos socioambientais positivos (SALVADO et al., 2015).

O documento da FIESP, voltado especialmente a micro e pequenas empresas, propôs a adaptação de processos produtivos e da cultura empresarial para atender aos desafios de compatibilização ambiental e desenvolvimento sustentável, introduzindo o uso de indicadores com base na NBR ISO 14031:2004. Esses indicadores — expressões quantitativas ou qualitativas que traduzem variáveis relevantes e suas inter-relações — tornaram-se referência para monitorar e interpretar aspectos críticos do desempenho organizacional (FIESP, 2004).

A literatura aponta que indicadores compostos permitem integrar múltiplas dimensões e acompanhar melhorias de forma sistêmica, funcionando como instrumento de medição, desempenho e *benchmarking*⁹ (ALBO et al., 2016). Nesse sentido, há consenso sobre a necessidade de métricas multidimensionais, que contemplem as dimensões social, ambiental e econômica, como suporte à revisão de modelos de negócios e estratégias (ROSSI et al., 2020; SALVADO et al., 2015).

No contexto industrial, a relação entre processos produtivos e meio ambiente exige ponderações que considerem produtividade, competitividade e equilíbrio dinâmico (FIESP, 2004). A adoção de indicadores ambientais melhora a interação entre produção e meio ambiente e, associada a premissas de Produção Mais Limpa (P+L), otimiza o uso de recursos e reduz impactos (SILVA et al., 2021).

As diretrizes internacionais, como a ISO 14031:2015, oferecem um referencial consolidado para avaliação de desempenho ambiental, definindo indicadores de Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) e de condição ambiental (ICA). O ADA se subdivide em Indicadores de Desempenho Operacional (IDO) — que refletem consumo de recursos, gestão de resíduos e emissões — e Indicadores de Desempenho de Gestão (IDG), relacionados a ações administrativas, cumprimento legal e investimentos ambientais. Já o ICA mede a qualidade do meio ambiente na área de atuação da organização.

Com o avanço da consciência social, indústrias de diferentes setores, como a têxtil e a automobilística, incorporaram indicadores de sustentabilidade para reduzir impactos, otimizar processos e responder a exigências de mercado e regulação. No entanto, a literatura e a prática mostram que, embora existam recomendações setoriais e normas consolidadas como a ISO 14031:2015, ainda há espaço para o desenvolvimento de modelos integrados que unam diagnóstico, monitoramento e melhoria contínua (SAIDANI et al., 2019; SALVADO et al., 2015).

Neste estudo, a integração de tais fundamentos ao modelo 5 SEnSU+G oferece à Ecosan uma estrutura capaz de consolidar em 15 indicadores, sendo 10 multimétricos e 5 adimensionais, compostos e setorialmente distribuídos, uma visão sistêmica e auditável da sustentabilidade organizacional. Ao contemplar simultaneamente os setores ambiental, econômico, social e de governança, o modelo supera limitações de

⁹ *Benchmarking é uma ferramenta de análise de mercado baseada na comparação com outras empresas concorrentes, observando processos, metodologias, produtos ou serviços que funcionam em um modelo de negócio.*



metodologias isoladas e se alinha tanto às diretrizes internacionais (ISO 14031:2015; GRI, 2021; ISO 26000:2010) quanto a marcos nacionais, como a Política Nacional de Saneamento Básico e o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2024).

Essa abordagem garante o acompanhamento quantitativo dos avanços e desafios e o suporte estratégico para redefinição de processos, inovação organizacional e ganho de competitividade, consolidando a Avaliação da Sustentabilidade como ferramenta de gestão e posicionamento institucional.

3.2 5 SEnSU como modelo de Avaliação da Sustentabilidade

A incorporação efetiva da sustentabilidade aos modelos de negócios, bem como a mensuração quantitativa de seus resultados para retroalimentação estratégica, é um fenômeno relativamente recente (LUO et al., 2021; TERRA DA SILVA et al., 2022). Abordagens unidimensionais, restritas a impactos ambientais, não capturam plenamente o desempenho organizacional, reforçando a necessidade de modelos multidimensionais capazes de integrar as dimensões social, ambiental e econômica. Isso implica desenvolver padrões de medição que combinem múltiplos critérios e indicadores, abrangendo aspectos como salários, condições de trabalho, saúde ocupacional, evolução social e desempenho econômico (CAI; CHOI, 2020).

A revisão bibliográfica evidencia que grande parte dos modelos, métodos e ferramentas disponíveis abordam apenas uma dimensão do tripé da sustentabilidade e, em sua maioria, são qualitativos. Para suprir essa lacuna, o modelo 5 SEnSU oferece um arcabouço conceitual e metodológico robusto, sustentado pela filosofia de Programação por Metas, capaz de gerar um Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS/SSIS)¹⁰ que quantifica a distância entre o desempenho real e as metas estabelecidas (AGOSTINHO et al., 2019; MORENO GARCÍA et al., 2021; TERRA DOS SANTOS et al., 2022; GIANNETTI et al., 2019).

Estruturado em cinco setores, o 5 SEnSU contempla as relações da unidade de produção com o meio ambiente (como fornecedor de recursos e receptor de resíduos) e com a sociedade (como provedora de recursos e receptora de benefícios/consequências). A aplicação prática do modelo demonstra sua capacidade de comparar contextos, identificar setores críticos e orientar ações de melhoria (MORENO GARCÍA et al., 2021).

Em estudos conduzidos no setor de tratamento de água, o modelo 5 SEnSU foi utilizado para avaliar vinte grandes empresas brasileiras, classificando-as em faixas de alta, média e baixa sustentabilidade por setor e sintetizando os resultados em um “Kanban da sustentabilidade”, recurso visual que permite a priorização de ações (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2010; GIANNETTI et al., 2022). Essa experiência evidencia o potencial do modelo como ferramenta robusta de apoio à decisão.

Dada a natureza operacional da Ecosan, voltada ao fornecimento de soluções para tratamento de esgoto e reuso de água, bem como à prestação de serviços correlatos, há similaridades significativas entre seu perfil e o das empresas avaliadas nesse estudo setorial. Essas convergências permitem inferir que a aplicação do 5 SEnSU à Ecosan é metodologicamente viável e relevante, possibilitando a mensuração estruturada da sustentabilidade de seus processos e o direcionamento de ações de melhoria alinhadas às suas metas estratégicas e às exigências normativas e de mercado.

¹⁰ Os Indicadores de Sustentabilidade são parâmetros, métricas ou critérios qualitativos e quantitativos adotados pelas empresas para fornecer informações mensuráveis e objetivas sobre as ações sustentáveis aplicadas.



Dessa forma, o 5 SEnSU representa um modelo multicritério capaz de integrar metas e indicadores de forma quantitativa, equilibrada e otimizada, levando as discussões sobre sustentabilidade a um patamar mais assertivo e orientado à ação.

3.3 5 SENSU+G – ampliação de escopo do 5 SEnSU

A construção metodológica do modelo 5 SEnSU+G ancora-se no referencial teórico e na validação científica do 5 SEnSU – *Five Sector Sustainability Model*, desenvolvido por Giannetti et al. (2019), amplamente reconhecido na literatura como estrutura robusta para Avaliação da Sustentabilidade de sistemas produtivos.

A ampliação para o 5 SEnSU+G representa uma contribuição inédita, que incorpora um sexto setor – Governança – ao modelo original. Por tratar-se de inovação metodológica e de primeira aplicação prática, ainda não há publicações científicas que referenciem diretamente o 5 SEnSU+G. No entanto, essa ausência de precedentes não reduz sua legitimidade, uma vez que seu constructo se fundamenta em um modelo consolidado e validado internacionalmente, com aplicações documentadas em diferentes setores e contextos.

Assim, o 5 SEnSU+G deve ser compreendido como um desdobramento natural e cientificamente consistente do 5 SEnSU, mantendo a essência conceitual e metodológica proposta por Giannetti et al. (2019), mas ampliando seu escopo de análise para contemplar de forma integrada as dimensões ambiental, social, econômica e de governança. Essa abordagem atende às demandas contemporâneas por métricas transparentes, auditáveis e alinhadas a *frameworks* como o ESG, sem perder a solidez técnica de sua base original.

4. Avaliação da Sustentabilidade da Ecosan

A Avaliação da Sustentabilidade de organizações do setor de saneamento é uma ferramenta estratégica para integrar práticas de gestão, inovação e desempenho socioambiental de forma contínua e mensurável. No caso da Ecosan, essa avaliação fundamenta-se no modelo 5 SEnSU+G, adaptado para refletir as especificidades de sua operação e sua inserção em cadeias produtivas críticas.

O processo segue a lógica da melhoria contínua, inspirada no ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), que estabelece uma dinâmica de planejamento, execução, monitoramento e correção baseada em indicadores claros e metas definidas (DEMING, 1990). A cada ciclo de medição e análise, são identificados pontos fortes e oportunidades de melhoria, o que viabiliza a retroalimentação sistêmica do processo decisório e garante o alinhamento com compromissos estratégicos de sustentabilidade (SALVADO et al., 2015; GIANNETTI et al., 2019).

A metodologia aplicada na Ecosan permite que a sustentabilidade seja tratada como processo contínuo e não como evento isolado, favorecendo o aprimoramento progressivo de resultados ambientais, econômicos e sociais, integrados a práticas de governança transparentes e auditáveis. A estrutura do 5 SEnSU+G viabiliza essa abordagem por meio de indicadores adimensionais e comparáveis, permitindo a análise integrada entre setores e a definição de planos de ação orientados por evidências (AGOSTINHO et al., 2019; TERRA DOS SANTOS et al., 2022).

Além de apoiar a gestão interna, a avaliação oferece vantagens estratégicas externas, como a construção de credibilidade junto a *stakeholders*, a melhoria da reputação institucional e a ampliação da



elegibilidade a programas de incentivo. Esses aspectos são desenvolvidos nas subseções a seguir, em consonância com diretrizes normativas internacionais (ISO 14031:2015; ISO 26000:2010) e políticas públicas nacionais relevantes, como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2023).

5. 5 SEnSU+G

5.1 Constructo do modelo de avaliação 5 SEnSU

O *Five Sector Sustainability Model* (5 SEnSU), desenvolvido por Giannetti et al. (2019), foi concebido para avaliar a sustentabilidade de sistemas produtivos por meio de uma estrutura analítica composta por cinco setores: dois dedicados ao meio ambiente (meio ambiente como fornecedor de recursos e como receptor de resíduos), um à economia (desempenho econômico e uso eficiente de recursos) e dois voltados à sociedade (sociedade como provedora de recursos e como receptora de benefícios e consequências). Cada setor é representado por indicadores quantitativos, cujos resultados são integrados por meio de Programação por Metas, resultando no Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS), que expressa a distância do desempenho real em relação às metas estabelecidas.

O 5 SEnSU+G constitui uma ampliação inédita e de natureza científica do modelo original, incorporando um sexto setor – Governança. Este novo setor foi concebido para mensurar a maturidade e a efetividade da gestão organizacional sobre os impactos ambientais, econômicos e sociais, consolidando a Avaliação da Sustentabilidade sob um enfoque de *accountability* e conformidade com o *framework* ESG (*Environmental, Social and Governance*).

Os indicadores do sexto setor são compostos e adimensionais, calculados por meio de uma fórmula padrão, baseada na razão entre o valor real e a meta de cada indicador componente, com posterior média aritmética simples. Essa estrutura garante proporcionalidade e comparabilidade entre diferentes áreas e períodos. Por exemplo, o K61 (Governança Ambiental – Gestão da Energia) resulta da composição dos indicadores K11 (energia elétrica) e K12 (energia), enquanto outros indicadores seguem lógica semelhante para integrar variáveis ambientais, econômicas ou sociais correspondentes.

Embora a formulação geral assegure padronização, a metodologia admite adaptações para situações específicas. No caso da Ecosan, dois indicadores do sexto setor não se referem diretamente aos indicadores dos setores 4 e 5:

- K64 – IDH¹¹ Segmentado: indicador social que avalia o Índice de Desenvolvimento Humano considerando exclusivamente os colaboradores da empresa, permitindo um diagnóstico preciso do capital humano interno;
- K65 – Amplitude Salarial: métrica de governança social que mensura a razão entre os maiores e menores salários pagos, traduzindo a equidade interna e a política de remuneração.

Essa flexibilidade metodológica mantém a coerência com o constructo do modelo e preserva a comparabilidade dos resultados, ao mesmo tempo em que permite contemplar variáveis críticas para o contexto organizacional analisado. No caso da Ecosan, a estrutura do 5 SEnSU+G possibilita capturar tanto

¹¹ O IDH, ou Índice de Desenvolvimento Humano, é um indicador que mede o grau de desenvolvimento humano em um país, considerando três dimensões básicas: saúde, educação e renda. Em outras palavras, ele avalia a qualidade de vida da população, indo além da análise apenas econômica.



os aspectos técnicos e operacionais do saneamento quanto dimensões estratégicas de gestão e governança, em alinhamento com padrões internacionais de desempenho e Relatórios de Sustentabilidade.

5.2 5 SEnSU+G, ampliação de escopo

Diante das crescentes demandas por transparência, rastreabilidade e auditoria de resultados, este estudo propõe a ampliação inédita do modelo original 5 SEnSU para o 5 SEnSU+G, com a inclusão de um sexto setor de Governança.

O setor de governança tem como função integrar e consolidar os resultados dos cinco setores originais, avaliando a maturidade da gestão sobre impactos ambientais, econômicos e sociais. Essa adição eleva o modelo à condição de ferramenta plenamente aderente ao *framework* ESG (*Environmental, Social and Governance*), possibilitando o acompanhamento da sustentabilidade como processo sistêmico e auditável.

Os indicadores do setor de governança são compostos: resultam de combinações e sínteses de indicadores previamente calculados nos setores ambientais, econômicos e sociais, transformando-os em métricas estratégicas que mensuram a efetividade da gestão. Essa lógica assegura comparabilidade, proporcionalidade e coerência metodológica, permitindo identificar o desempenho setorial e a capacidade institucional de governar a sustentabilidade.

A proposta amplia a aplicabilidade do modelo para empresas de qualquer porte e setor, com destaque para aquelas inseridas em cadeias produtivas críticas, como saneamento, energia, transporte e manufatura. No caso específico da Ecosan, cuja operação apresenta convergências metodológicas com as vinte empresas de tratamento de água já avaliadas por meio do 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2022), a adoção do 5 SEnSU+G é particularmente relevante. A semelhança de processos e indicadores garante a viabilidade técnica da aplicação, ao mesmo tempo em que oferece ganhos em eficiência analítica e direcionamento estratégico.

Além disso, o 5 SEnSU+G fortalece o alinhamento com políticas públicas nacionais, como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2023), e amplia o potencial de elegibilidade a linhas de financiamento de agências como FAPESP, FINEP e BNDES, que requerem evidências consistentes de impacto socioambiental e governança.

A introdução do sexto setor é original e de natureza científica, reforçando a premissa de que não há sustentabilidade plena sem gestão transparente e baseada em evidências. Dessa forma, o 5 SEnSU+G consolida-se como um modelo multicritério e integrador, apto a servir como indicador-chave em certificações, Relatórios de Sustentabilidade e avaliação de políticas públicas, além de ser ferramenta para melhoria contínua da performance organizacional.

5.3 Indicadores do modelo 5 SEnSU+G

Os indicadores no modelo 5 SEnSU+G exercem a função de representar sistemas complexos de forma simplificada, permitindo uma leitura sistêmica e integrada das interações entre os seis setores que compõem o modelo expandido. Para garantir consistência analítica e evitar lacunas na avaliação, recomenda-se a adoção de pelo menos um indicador por setor (GIANNETTI et al., 2019).



A estrutura de nomenclatura utilizada segue o padrão KXY, em que K designa “indicador”, X identifica o setor (de 1 a 6) e Y indica a ordem do indicador dentro do setor. Por exemplo, K11 refere-se ao primeiro indicador do primeiro setor — o meio ambiente como provedor de recursos.

A novidade do modelo 5 SEnSU+G está na introdução do sexto setor (setor 6), dedicado à governança corporativa e sua influência sobre os demais setores. Este setor possui cinco indicadores principais: K61 a K65, que representam, respectivamente, a governança exercida sobre os setores 1 a 5. Assim:

- K61 refere-se à governança sobre o meio ambiente como provedor de recursos (setor 1);
- K62 trata da governança sobre o meio ambiente como receptor de resíduos (setor 2);
- K63 aborda a governança sobre a unidade produtiva (setor 3);
- K64 refere-se à governança sobre a sociedade como fornecedora de recursos (setor 4);
- K65 trata da governança sobre a sociedade como receptora de benefícios (setor 5).

A escolha dos indicadores deve considerar tanto as competências técnicas do analista quanto as especificidades do sistema avaliado, respeitando os princípios do modelo. Tal escolha deve seguir critérios como mensurabilidade, relevância contextual, clareza conceitual, validade metodológica, acessibilidade dos dados e perecibilidade — entendida como a capacidade de o indicador manter-se relevante ao longo do tempo (AGOSTINHO et al., 2019).

No presente estudo, os indicadores correspondentes aos cinco primeiros setores do modelo 5 SEnSU+G foram definidos pela própria empresa, considerando suas necessidades operacionais e contextuais. Já os indicadores do sexto setor, referente à governança, foram estabelecidos pelos analistas da organização consultora, uma vez que esse setor representa uma expansão inédita do escopo de avaliação, voltada ao fortalecimento da gestão integrada e da transparência corporativa. A seleção dos indicadores baseou-se na experiência técnica dos autores, aliada à disponibilidade de informações provenientes de relatórios técnicos, publicações de entidades de classe e artigos científicos relacionados à temática da sustentabilidade e avaliação multicritério (AGOSTINHO et al., 2019; MORENO GARCIA et al., 2021; GIANNETTI et al., 2019; GIANNETTI et al., 2022).

Essa estrutura sistematizada amplia o potencial de auditabilidade do modelo e reforça sua aplicabilidade em projetos, organizações e políticas públicas sustentáveis, alinhando-se às exigências de transparência e *accountability* esperadas de instituições comprometidas com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Nota Metodológica Geral: objeto de análise e delimitação do escopo do projeto

Todos os indicadores apresentados neste Relatório de Sustentabilidade foram concebidos com base em um único objeto técnico de análise: o sistema de saneamento compacto composto pelo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA)¹² integrado a um biofiltro aeróbio, desenvolvido e fabricado pela Ecosan. Essa solução tecnológica representa uma abordagem descentralizada, modular e de baixa complexidade operacional, destinada ao tratamento de esgoto sanitário em áreas com infraestrutura limitada. A estrutura metodológica adotada neste relatório reconhece o sistema RAFA + biofiltro como unidade funcional de

¹² Um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), também conhecido pela sigla em inglês UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), é um tipo de reator utilizado no tratamento de esgoto e efluentes industriais. Ele opera sem a presença de oxigênio (anaeróbio) e utiliza um fluxo ascendente de esgoto através de uma manta de lodo para realizar a remoção da matéria orgânica.



referência para fins de quantificação, monitoramento e Avaliação da Sustentabilidade em suas múltiplas dimensões.

A análise dos indicadores considera, de forma integrada, os três macroprocessos que compõem o ciclo de desenvolvimento e implementação do sistema de saneamento, conforme descrito a seguir:

Etapa 1 – Projeto: inclui as atividades de concepção técnica, elaboração do projeto executivo, modelagem hidráulica, definição de materiais e dimensionamento dos componentes. Essa fase é realizada em ambiente de escritório, envolvendo consumo energético e recursos informacionais, sem incorporação de insumos físicos ao produto final.

Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem: realizada na unidade fabril da Ecosan, em Santo André (SP), essa etapa contempla a produção física do sistema RAFA + biofiltro, envolvendo processos de corte, montagem, vedação e preparação estrutural dos módulos. Trata-se da fase de maior intensidade material e energética, sendo considerada o núcleo operacional da análise de sustentabilidade.

Etapa 3 – Instalação e comissionamento: refere-se à entrega, montagem final e implantação do sistema nas unidades dos clientes, incluindo adequações civis locais, integração hidráulica e validação técnica. Embora relevante, essa etapa apresenta variabilidade significativa entre clientes e contextos de instalação, razão pela qual é tratada de forma complementar no escopo analítico.

A definição desse escopo metodológico comum a todos os indicadores garante a comparabilidade dos resultados, a consistência dos parâmetros de avaliação e a rastreabilidade das decisões técnicas. Além disso, essa estrutura permite a integração dos dados em sistemas de gestão da sustentabilidade, alinhando-se às diretrizes da ISO 14001:2015, ISO 14044:2006, ISO 50001:2018 e aos princípios de transparência e materialidade estabelecidos pela GRI Standards (2021).

A unidade RAFA + biofiltro, por sua vez, é reconhecida na literatura técnico-científica como uma solução robusta para a promoção do acesso ao saneamento básico com baixo consumo energético e elevada eficiência de remoção de carga orgânica (CHERNICHARO, 2007; VON SPERLING, 2014), atendendo aos requisitos da Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011) e contribuindo diretamente para o cumprimento do ODS 6 – Água Potável e Saneamento (ONU, 2015).

5.3.1 K11 – Energia elétrica

Introdução conceitual

O indicador K11 tem como objetivo mensurar o consumo específico de energia elétrica ao longo do ciclo de desenvolvimento e implementação do sistema de saneamento da Ecosan. Para fins deste relatório, a unidade funcional de análise é o sistema compacto composto por um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) acoplado a um biofiltro aeróbio, tecnologia desenvolvida e aplicada pela Ecosan como solução descentralizada para tratamento de esgoto sanitário em contextos urbanos e rurais com infraestrutura limitada.

A estrutura metodológica adotada neste relatório considera, de forma uniforme para todos os indicadores, três etapas operacionais que compõem o escopo do projeto organizacional da Ecosan:

Etapa 1 – Projeto: realizada em ambiente de escritório, abrange as atividades de concepção técnica, dimensionamento, especificação de materiais e elaboração do projeto executivo do sistema RAFA + biofiltro.



Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem: concentrada na unidade fabril da Ecosan, localizada em Santo André (SP), inclui o corte, montagem e vedação dos componentes estruturais, bem como a integração parcial de módulos hidráulicos.

Etapa 3 – Instalação e comissionamento: refere-se à entrega técnica, montagem final e instalação do sistema no cliente, incluindo eventuais adequações civis e testes de funcionalidade.

Essa delimitação permite a rastreabilidade dos dados energéticos e a identificação de oportunidades de redução de consumo ao longo do ciclo produtivo. O indicador K11, portanto, representa a principal variável direta de pressão ambiental associada ao uso de energia elétrica, com destaque para a etapa fabril, reconhecida como a mais intensiva em consumo.

A abordagem aqui adotada está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, em especial à meta 7.3, que busca “dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030” (ONU, 2015), e respeita os princípios de contabilização da ABNT NBR ISO 50001:2018, que orienta a gestão da energia em organizações de qualquer porte. O K11 também fornece base para a composição do indicador composto K61, vinculado ao setor de governança ambiental energética.

Escopo de análise

O indicador K11 considera, de forma exclusiva, o consumo de energia elétrica associado às três etapas operacionais do ciclo de desenvolvimento e implementação do sistema de saneamento RAFA + biofiltro, tecnologia desenvolvida pela Ecosan. A avaliação compreende:

- Etapa 1 – Projeto, realizada em ambiente de escritório, com consumo energético relativo ao uso de infraestrutura computacional e administrativa;
- Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem, conduzida na unidade fabril da Ecosan, localizada na região do ABC Paulista, envolvendo operações industriais com maior intensidade energética;
- Etapa 3 – Instalação e comissionamento, correspondente à montagem final e entrega técnica do sistema na unidade do cliente, incluindo testes e ajustes em campo.

A análise abrange o ciclo anual completo de operação do projeto, com base nos dados de consumo registrados nas faturas de fornecimento da concessionária local de energia elétrica, associados à quantidade de sistemas efetivamente produzidos e entregues no período de referência.

Estão incluídas todas as atividades que demandam energia elétrica nas três etapas, como uso de equipamentos técnicos, iluminação, ventilação, apoio à produção, deslocamentos internos e sistemas administrativos. Não são considerados os consumos energéticos externos à operação direta do projeto, como deslocamentos logísticos de terceiros, atividades comerciais não vinculadas ao sistema ou variações fora do escopo monitorado.

O ano de 2024 foi adotado como baseline, por representar o primeiro ciclo completo de operação com dados consolidados, validados e passíveis de rastreamento. Os resultados obtidos subsidiarão a construção de séries históricas, a avaliação de desempenho energético e o estabelecimento de metas progressivas de eficiência, em consonância com a ISO 50001:2018 e a meta 7.3 dos ODS (ONU, 2015).

Fontes de dados



A construção do indicador K11 baseia-se na consolidação de dados primários e em estimativas técnicas fundamentadas em literatura especializada e manuais de engenharia. Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados para as três etapas operacionais do sistema organizacional da Ecosan.

a) Indicador K11: consumo energético nas etapas de projeto e fabricação

Os dados de consumo de energia elétrica referentes às etapas de projeto (Etapa 1) e de fabricação e pré-montagem (Etapa 2) foram fornecidos diretamente pela Ecosan, com base em registros operacionais da empresa para o ano de 2024.

Na Etapa 1 – Projeto, realizada em ambiente de escritório, o levantamento de dados considerou o consumo total anual de energia elétrica nas salas utilizadas pelas equipes técnicas, conforme registrado nas faturas da concessionária local. A consolidação dos dados permitiu a quantificação do consumo anual em kWh, refletindo a energia associada à concepção, dimensionamento e documentação técnica do sistema RAFA + biofiltro.

Na Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem, conduzida na unidade fabril da Ecosan, foi elaborado um inventário técnico detalhado dos equipamentos utilizados nos processos industriais de montagem. O consumo energético foi estimado com base em parâmetros operacionais (potência, tempo de uso, frequência de operação), resultando em um cálculo do consumo total anual em kWh para essa etapa.

As duas etapas representam os componentes empíricos mais robustos do indicador, por se basearem em dados primários com elevado grau de rastreabilidade e compatibilidade com auditorias externas.

b) Estimativas de consumo na instalação

A Etapa 3 – Instalação e comissionamento, correspondente à fase de implantação física dos sistemas nas unidades dos clientes, apresentou maior complexidade quanto à obtenção de dados diretos. Para essa etapa, adotou-se uma abordagem baseada em estimativas técnicas fundamentadas em literatura especializada sobre saneamento descentralizado, engenharia de sistemas modulares e gestão energética em canteiros de obras.

A metodologia consistiu na definição de um sistema padrão de saneamento, o RAFA + biofiltro, e na caracterização de seu perfil energético durante a instalação. Foram considerados os consumos típicos de bombas submersíveis, iluminação temporária, ferramentas elétricas, sistemas de desinfecção e equipamentos administrativos móveis, com base em coeficientes médios de consumo (kWh/mês) e regimes operacionais padronizados, extraídos de manuais técnicos e bases referenciais setoriais.

Essa abordagem permitiu estabelecer uma estimativa técnica confiável para o consumo de energia elétrica durante a fase de instalação, ainda que com menor grau de precisão quando comparada às etapas monitoradas diretamente.

c) Limitações e recomendações

Embora os dados das etapas de projeto e fabricação (Etapas 1 e 2) tenham sido obtidos diretamente da operação da Ecosan, com elevado grau de confiabilidade e rastreabilidade, a etapa de instalação (Etapa



3) baseia-se em estimativas indiretas provenientes de fontes bibliográficas e técnicas. Essa dependência de parâmetros médios pode ser afetada por variáveis contextuais, tais como tipo de solo, distância entre unidades, acesso à rede elétrica, complexidade da instalação e número de sistemas implantados simultaneamente.

Dessa forma, a principal limitação metodológica do indicador K11 reside na ausência de medições diretas durante a fase de campo. Recomenda-se, para ciclos futuros, a implementação de um sistema de monitoramento energético em campo, com registros padronizados por equipe de instalação, a fim de aprimorar a precisão das estimativas e fortalecer a capacidade de auditoria externa do indicador.

Metodologia de cálculo

A quantificação do consumo de energia elétrica (indicador K11) foi realizada a partir de uma abordagem funcional e por etapas, refletindo o ciclo completo de implantação da unidade de saneamento Ecosan – composta pelo sistema RAFA + biofiltro. O cálculo considerou três fases sequenciais e complementares do processo produtivo: Etapa 1 – Projeto (escritório), Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem (unidade fabril), e Etapa 3 – Instalação (canteiro de obras).

a) Fórmula e cálculo do indicador K11

A seguir, apresenta-se o procedimento metodológico para o cálculo do indicador composto K11, que representa a pressão ambiental associada ao consumo de energia elétrica no ciclo de vida operacional do sistema RAFA + biofiltro. O indicador é estruturado a partir da agregação dos consumos energéticos nas três principais etapas operacionais da Ecosan: projeto (Etapa 1), fabricação (Etapa 2) e instalação (Etapa 3). As duas primeiras etapas são representadas pelo componente empírico X1, com base em dados primários, enquanto a terceira etapa é representada pelo componente estimado X2. A metodologia adotada assegura a desagregação e recomposição dos dados conforme a lógica do modelo 5 SEnSU+G.

A seguir, apresenta-se o procedimento metodológico para o cálculo do indicador composto K11, que representa a pressão ambiental associada ao consumo de energia elétrica no ciclo de vida operacional do sistema RAFA + biofiltro. O indicador é estruturado a partir da agregação dos consumos energéticos nas três principais etapas operacionais da Ecosan: projeto (Etapa 1), fabricação (Etapa 2) e instalação (Etapa 3). As duas primeiras etapas são representadas pelo componente empírico X1, com base em dados primários, enquanto a terceira etapa é representada pelo componente estimado X2. A metodologia adotada assegura a desagregação e recomposição dos dados conforme a lógica do modelo 5 SEnSU+G.

Equação 1

$$K11 = \sum_{i=1}^3 Ei$$

Onde:



- E1: consumo anual de energia elétrica na etapa de projeto (escritório), com base nos dados das salas 91, 92 e 94;
- E2: consumo anual de energia na fábrica (fabricação e pré-montagem), estimado com base em inventário de máquinas, equipamentos e tempo de operação efetiva;
- E3: Consumo estimado de energia elétrica no canteiro de obras (instalação do sistema), com base em parâmetros técnicos e premissas consolidadas na literatura especializada.

Etapa 1: projeto

- Projeto: consumo de energia elétrica no escritório

A coleta de dados referente ao consumo de energia da Etapa 1, etapa de desenvolvimento de projeto foi obtida através de levantamento de dados realizado pela Ecosan Sustentabilidade, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica – Etapa 1

Mês	Sala 91		Sala 92		Sala 94		Consumo total (KWh)	Valor (R\$) total
	Valor (R\$)	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	Consumo (kWh)		
Janeiro	R\$ 487,97	417	R\$ 438,51	415	R\$ 315,53	287	1119	R\$ 1.242,01
Fevereiro	R\$ 494,83	519	R\$ 373,54	374	R\$ 211,24	180	1073	R\$ 1.079,61
Março	R\$ 455,15	495	R\$ 364,10	386	R\$ 381,71	375	1256	R\$ 1.200,96
Abril	R\$ 462,54	487	R\$ 362,86	367	R\$ 426,00	443	1297	R\$ 1.251,40
Mai	R\$ 507,19	539	R\$ 382,67	390	R\$ 413,58	427	1356	R\$ 1.303,44
Junho	R\$ 525,76	546	R\$ 364,87	356	R\$ 429,62	433	1335	R\$ 1.320,25
Julho	R\$ 492,92	550	R\$ 300,93	319	R\$ 366,59	398	1267	R\$ 1.160,44
Agosto	R\$ 571,48	603	R\$ 378,76	384	R\$ 443,44	457	1444	R\$ 1.393,68
Setembro	R\$ 540,51	594	R\$ 381,85	401	R\$ 486,27	528	1523	R\$ 1.408,63
Outubro	R\$ 656,95	679	R\$ 419,82	411	R\$ 413,62	404	1494	R\$ 1.490,39
Novembro	R\$ 622,76	595	R\$ 432,71	387	R\$ 295,69	237	1219	R\$ 1.351,16
Dezembro	R\$ 558,98	584	R\$ 371,18	357	R\$ 251,18	212	1153	R\$ 1.181,34
Total	R\$ 6.377,04	6608	R\$ 4.571,80	4547	R\$ 4.434,47	4381	15.536	R\$ 15.383,31

Fonte: Ecosan Sustentabilidade (2025)

- Para efeito de cálculo, foram considerados 22 dias úteis por mês;
- O consumo total é dado pela soma dos consumos mensais em kWh/ano;
- Consumo total de energia elétrica da **Etapa 1: 15.536 kWh/ano.**

Etapa 2: fabricação

- Fabricação: consumo de energia elétrica na fábrica

Para efeito de consumo de energia elétrica na Etapa 2, etapa de fabricação, foi feito um inventário de equipamentos por parte da Ecosan Sustentabilidade, resultando na Tabela 2:



Tabela 2 - Inventário técnico de produção: consumo de energia elétrica por equipamento – Etapa 2

Descrição	Marca	Modelo	QTD	kWh	horas/dia	kW/dia
Torno NARDINI-MS-205 AS	NARDINI	MS-205	1	4,79	6,0	28,74
Fresadora Ferramenteira	ROMI	F20	1	2,20	1,5	3,30
Plaina laminadora Chaveteira	Jose Baciglieri	P-440	1	5,50	0,5	2,75
Furadeira de Coluna	Joniville	4-FC	1	2,20	0,5	1,10
Serra fita	Franho	Fm500h	1	2,20	1,0	2,20
Serra Circular de Bancada	ESMA	ES-1600	1	4,00	3,0	12,00
Moto Esmeril de Coluna 5cv 6p	Bombozze	300mm	1		0,0	0,00
Prensa hidráulica para 10T	RIBEIRO	RP00001	1		0,0	0,00
Poli corte	Ferrari	F-300	1		0,0	0,00
Máquina de solda MIG MAG	Bombozze	plus-350DF	1	8,60	6,0	51,60
Gerador de energia HONDA	HONDA	EP-2500	1		0,0	0,00
Lavadora de alta pressão profissional Wap	Wap	250bar/3600/psi	1		0,0	0,00
Guincho hidráulico girafa 500kg	Tender	G500	1		0,0	0,00
Máquina de corte plasma 60/80a	Boxer	HARDCUT-82	1	7,00	4,0	28,00
Máquina de solda TIG	ESAB	BUDDY TIG 200HF	1	4,40	6,0	26,40
Retificadora MAKITA	MAKITA 400W	D0600	1		0,0	0,00
Esmerilhadeira Angular 7"	BOCH	GMS-20-180	2	2,00	3,0	6,00
Esmerilhadeira Angular 7"	BOCH	GMS-26-180	1	2,60	3,0	7,80
Furadeira base magnética	NAGANO	NFBM-1380W	1		0,0	0,00
Esmerilhadeira Angular 115MM	DeWALT	DWE-4020-B2	2	0,80	0,5	0,40
Esmerilhadeira Angular 115mm	MAKITA	GA-4530	1	0,72	0,5	0,36
Pulverizador	Brudden	SS-20B	1		0,0	0,00
Rosqueadeira	NAKASAKI	NK-650 AT	1		0,0	0,00
Frigido bar 220V	MIDEA	MRC-10B	1		0,0	0,00
Forno micro-onda 220v	MIDEA	MXSA-27B2	1		0,0	0,00
Máquina de café expresso Itália 110V	SAECO	ITALIA	1		0,0	0,00
Cafeteira Mundial 220V	Mundial	C-31DG-32X	1		0,0	0,00
Impressora EPSON	EPSON	L4160	1		0,0	0,00
Computador cpu	DELL	E-1770	1		0,0	0,00
Kit Esticador Hidráulico	ACM Tools	EH10	1		0,0	0,00
Martelete Eletropneumático Stanley	Stanley	STHR1232K	1		0,0	0,00
Bebedouro KARINA	KARINA	K40c K40i	1		0,0	0,00
Plastificadora Poli seladora Laminadora A4 Zaganza Za-220 220V	Zaganza	LMZA-220	1		0,0	0,00
Luminária De Emergência Bloco 2 Faróis 1200 Lúmens 110V/220V	Segurimax	36829	1		0,0	0,00
Alicate Amperímetro Digital True Rms Ac.	Minipa	Et-3960	1		0,0	0,00
Alicate Amperímetro Digital	Minipa	ET-3200	2		0,0	0,00
Medidor de vibração	TEKNIKA	Nk300	1		0,0	0,00
Condutímetro portátil INATEC	INATEC	INL-30P	1		0,0	0,00
Medidor de espessura de tinta	DIGI-DERM	SR-979-745	1		0,0	0,00
Relógio comparador Mitutoyo	Mitutoyo	NO-2046-08	1		0,0	0,00
Súbido Comparador de diâmetro 18-35mm	Mitutoyo	511-126	1		0,0	0,00
Paquímetro manual analógico 150mm	Mitutoyo	150mm	2		0,0	0,00
Paquímetro manual analógico 300mm	Mitutoyo	300mm	2		0,0	0,00
Esquadro Aço carbono 350mm	Starrett	K53M-350-S	2		0,0	0,00
Furadeira Parafusadeira 13mm FATAMAX	Stanley	SCD-711C2K	1		0,0	0,00
Serra Circular SKIL 7.1/4"	Skil	5300	1	1,40	3,0	4,20



Total kW/dia	174,85
Dias trabalhados	22
Meses por ano	12
Consumo anual de energia elétrica (kWh/ano)	46.160,40

Fonte: Ecosan Sustentabilidade (2025)

- Para efeito de cálculo, foram considerados 22 dias úteis por mês;
- O consumo total é dado pela soma das horas de funcionamento dos equipamentos envolvidos na fabricação e pré montagem do sistema;
- Consumo total de energia elétrica da **Etapa 2: 46.160,40 kWh/ano.**

Etapa 3: instalação (canteiro de obras)

- Instalação (canteiro de obras): consumo de energia elétrica no canteiro de obras

Sistema padrão de saneamento: Sistema Ecosan Sustentabilidade Modular de RAFA + Biofiltro

Com o objetivo de servir como base referencial para o dimensionamento dos principais recursos aplicados na Etapa 3, foi estabelecido um Sistema Ecosan Modular de RAFA + biofiltro. Esse sistema é caracterizado por sua configuração compacta e modular, voltada ao tratamento de esgoto doméstico ou efluentes sanitário-industriais, sendo aplicável em contextos urbanos, periurbanos e industriais. O modelo adota premissas de eficiência energética, escalabilidade e baixo impacto ambiental, consolidando-se como referência técnica para avaliação e planejamento sustentável. Os componentes do referido sistema são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Elementos do sistema padrão de saneamento, análogo ao Sistema Ecosan Sustentabilidade Modular de RAFA + biofiltro

Elemento	Descrição técnica	Área estimada	Consumo de energia elétrica (kWh/mês)
Tanque séptico ou reator anaeróbio	Tanque de concreto ou PRFV para sedimentação e digestão primária. Capacidade para atender até 200 pessoas ou 20–30 m³/dia.	10 m²	(sem consumo elétrico direto)
Filtro biológico ou leito de pedra	Unidade de tratamento secundário com material filtrante (brita, areia lavada, carvão, escória ou vegetal), com drenagem inferior.	15 m²	(sem consumo elétrico direto)
Bomba submersível ou elevatória	Para recalque entre unidades ou envio a reuso ou disposição final. Potência de 0,75–1,5 CV.	2 m²	45 a 90 kWh/mês (ver cálculo)
Painel elétrico de comando e proteção	Painel metálico com proteção IP, temporizador, relé térmico etc.	3 m²	2 a 5 kWh/mês (controle e relés)
Sistema de cloração ou UV (opcional)	Desinfecção final com pastilhas de hipoclorito ou lâmpada UV (ultravioleta).	1,5 m²	UV: 10 a 15 kWh/mês (se usado)
Caixa de inspeção e válvulas	Para controle de fluxo e inspeção hidráulica.	3 m²	(sem consumo elétrico direto)
Cobertura técnica (sombra e proteção)	Estrutura metálica leve com telha metálica ou polipropileno reciclado.	10 m²	(sem consumo elétrico direto)
Área de circulação/manutenção	Passagens, manobras e ventilação técnica.	20 m²	(sem consumo elétrico direto)
Total	—	65 a 80 m²	75 a 90 kWh/mês

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)



Considerações adotadas para estimativa de consumo de energia elétrica dos equipamentos:

- **Bomba submersível:**

Potência: 1,0 CV = 0,736 kW.

Funcionamento: 2 a 4 horas/dia.

Estimativa:

$$0,736 \text{ kW} \times 3 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias} = 66,24 \text{ kWh/mês}$$

Varia entre 45 e 90 kWh/mês, dependendo da potência e tempo de operação.

Para estimar o consumo energético mensal de uma bomba submersível utilizada no sistema padrão da Ecosan, adotou-se a potência média de 1,0 CV, equivalente a aproximadamente 0,736 kW, conforme padronização de motores elétricos (ABNT, 1992). O regime de funcionamento considerado foi de 3 horas por dia, durante 30 dias por mês, refletindo um cenário de operação recorrente em sistemas de recalque intermitente.

A estimativa de consumo foi calculada pela fórmula:

$$\text{Consumo mensal (kWh/mês)} = \text{potência (kW)} \times \text{horas/dia} \times \text{dias/mês}$$

$$0,736 \text{ kW} \times 3 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{66,24 \text{ kWh/mês}}$$

A faixa de variação real observada para esse tipo de equipamento fica entre 45 e 90 kWh/mês, dependendo da configuração de instalação, tempo de operação e variações de carga hidráulica (FAMAC, 2022; SCHULZ, 2023).

No caso do sistema padrão considerado, a bomba é dimensionada para operar com uma vazão de 3 m³/h e uma altura manométrica total (HMT)¹³ de até 12 metros, o que corresponde a um sistema de recalque típico em pequenas estações compactas de tratamento. Para esse perfil hidráulico, a potência estimada de 1 CV é tecnicamente adequada, considerando perdas por atrito, cotovelos e elevação (HELLER, 1999; CNI, 2011).

A metodologia adotada segue recomendações técnicas de dimensionamento hidráulico e práticas de eficiência energética para sistemas de saneamento e construção sustentável (LAMBERTS et al., 2004).

- **Painel de comando**

Equipamentos de controle (relés, *timers*): consumo baixo contínuo.

Estimativa:

$$0,1 \text{ kW} \times 1 \text{ h/dia} \times 30 = 3 \text{ kWh/mês}$$

¹³ A altura manométrica total (HMT) é uma medida da energia total necessária para transportar um fluido de um ponto a outro em um sistema de bombeamento, levando em conta a altura de elevação, perdas por atrito e pressão no ponto de sucção. É um parâmetro fundamental para a seleção e dimensionamento de bombas.



O painel elétrico de comando e proteção é responsável pelo acionamento, controle e proteção das bombas, sistemas de desinfecção e demais dispositivos elétricos do sistema de saneamento. É composto por componentes de consumo contínuo e baixo, como relés, temporizadores (*timers*), disjuntores, contadores e chaves de partida.

Para fins de estimativa energética, considerou-se um painel de pequeno porte, dedicado a até dois motores de 1 CV e acionamento intermitente. A potência média em operação contínua dos componentes internos foi estimada em 0,1 kW, com tempo médio diário de uso de 1 hora, suficiente para cobrir o funcionamento das unidades automáticas e períodos de ativação manual.

$$\text{Consumo mensal} = 0,1 \text{ kW} \times 1 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{3 \text{ kWh/mês}}$$

Essa faixa de consumo é compatível com o relatado por Heller (1999) para sistemas descentralizados e atende às premissas da ABNT NBR 5410:2004 sobre dimensionamento de quadros de distribuição e sistemas de controle em baixa tensão. Além disso, catálogos técnicos de fornecedores do setor (WEG, Siemens) indicam que o consumo de painéis de comando residenciais e industriais leves varia entre 2 e 5 kWh/mês, quando operando de forma intermitente.

- **Sistema UV (opcional)**

Lâmpadas UV: ~ 30–60 W.

Funcionamento contínuo: ~ 8 h/dia.

Estimativa:

$$0,05 \text{ kW} \times 8 \times 30 = 12 \text{ kWh/mês}$$

O sistema de desinfecção por radiação ultravioleta (UV) é uma alternativa à cloração tradicional no tratamento final de efluentes, especialmente recomendada para sistemas compactos e descentralizados, conforme práticas de reuso seguro e tecnologias limpas (HELLER, 1999).

As unidades UV geralmente operam com lâmpadas de 30 a 60 W, dependendo da vazão e da carga orgânica residual. Considerando uma potência média de 50 W (0,05 kW) e operação em regime contínuo por 8 horas diárias, a estimativa de consumo energético mensal é dada por:

$$\text{Consumo mensal} = 0,05 \text{ kW} \times 8 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{12 \text{ kWh/mês}}$$

Essa estimativa encontra-se dentro dos valores observados para sistemas UV de pequeno porte, destinados a fluxos de até 30 m³/dia, como demonstrado por fabricantes como Atlantium, Trojan e Sterilair. A aplicação desse tipo de sistema está alinhada às recomendações da ABNT NBR ISO 30500:2020, que normatiza tecnologias descentralizadas para tratamento e reuso seguro de efluentes, com foco em eficiência energética, segurança sanitária e redução de impactos ambientais.

O Sistema Ecosan Modular de RAFA + biofiltro definido como referência para este estudo foi projetado para aplicação em áreas urbanas, periurbanas e industriais, com foco em soluções compactas, eficientes e ambientalmente sustentáveis. Este sistema atende até 200 usuários em regime contínuo, com capacidade



média de tratamento de 25 m³/dia, considerando esgoto doméstico ou efluente industrial de baixa carga poluente.

A modularidade do sistema permite sua expansão horizontal por unidades replicáveis, facilitando adaptações conforme a demanda local. Sua operação é compatível com redes monofásicas ou trifásicas, apresentando um consumo energético médio entre 2,5 e 5 kWh/dia, o que o torna viável para contextos com restrição de infraestrutura elétrica (HELLER, 1999; ABNT, 2017).

O projeto e a instalação do sistema seguem as diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas nacionais e internacionais, como a ABNT NBR 13969:1997 (tanques sépticos), a ABNT NBR 7229:1993 (dimensionamento de sistemas de tratamento e disposição final), além das diretrizes de gestão ambiental, energética e ocupacional estabelecidas pelas normas ISO 14001, ISO 45001 e ISO 46001 (ABNT, 2020a; 2020b; 2021).

A infraestrutura de implantação inclui base de concreto armado ou brita graduada compactada, conexão elétrica com proteção adequada (disjuntor, aterramento), sistema de drenagem pluvial no entorno e cercamento físico em ambientes sensíveis (como escolas e unidades de saúde).

Os consumos estimados durante a obra e operação são os seguintes:

- Volume de solo transportado para implantação: entre 130 e 195 m³, conforme o volume das unidades enterradas e as necessidades de escavação e circulação técnica;
- Consumo energético no canteiro de obras: estimado entre 600 e 800 kWh/mês, conforme a utilização de bombas, iluminação, ferramentas e equipamentos de apoio (HELLER, 1999; FAMAC, 2022);
- Consumo energético em operação plena: entre 75 e 150 kWh/mês, a depender da configuração final (com ou sem sistema UV, tipo de bomba e frequência de acionamento);
- Volume médio de água tratada: até 25.000 litros por dia, atendendo à demanda projetada com segurança sanitária (ABNT, 1997; ISO, 2020).

Dentre os diferenciais sustentáveis do sistema, destacam-se:

- Baixo consumo de energia e água, com foco em eficiência e redução de perdas;
- Potencial de reuso seguro do efluente tratado, especialmente para fins não potáveis como irrigação de jardins, limpeza urbana e uso industrial secundário (ISO 30500);
- Uso de materiais recicláveis, componentes modulares e soluções de engenharia verde, facilitando instalação, manutenção e desmobilização;
- Aderência às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 6 (água e saneamento), 9 (indústria e inovação), 11 (cidades sustentáveis), 12 (consumo responsável) e 13 (ação climática) (ONU, 2015; PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2024).

Para estimar o consumo energético durante a fase de implantação do sistema padrão da Ecosan Sustentabilidade, considerou-se a estrutura típica de um canteiro de obras de pequeno a médio porte, adaptado às exigências da instalação de sistemas de saneamento modular. A composição básica deste canteiro inclui:



- Sistema de iluminação interna e externa, destinado à segurança e à continuidade das atividades no período vespertino;
- Máquinas e ferramentas elétricas, como furadeiras, esmerilhadeiras, vibradores de concreto e bombas de recalque, operando de forma alternada conforme a etapa da obra;
- Um contêiner adaptado como escritório de apoio, equipado com computador, iluminação e ar-condicionado para suporte administrativo e técnico;
- Bomba elétrica de água ou sistema de abastecimento auxiliar, utilizada para abastecimento de betoneiras, lavagem e apoio à obra;
- Pontos de recarga elétrica para ferramentas manuais e dispositivos técnicos, como medidores, celulares e controladores de painel.

A operação diária média estimada para o canteiro varia entre 8 e 10 horas por dia, durante 22 dias úteis por mês, o que permite estabelecer uma estimativa técnica confiável de consumo mensal de energia elétrica:

Tabela 4 - Consumo de energia elétrica no canteiro de obras – Etapa 3

Equipamento / Item	Potência média (W)	Horas/dia	Dias/mês	Consumo mensal (kWh)
Iluminação (LED) – interna + externa	1.000	10 h	22	220,0
Máquinas elétricas (uso alternado)	1.500	4 h	22	132,0
Escritório (ar-condicionado, PC, luz)	2.000	8 h	22	352,0
Bomba d'água (apoio à obra)	750	3 h	22	49,5
Recarga de ferramentas e equipamentos	500	2 h	22	22,0
Total estimado mensal (kWh/mês)				775,5
Total estimado anual (kWh/ano)				9.306,0

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

A literatura técnica e os manuais de engenharia ambiental e civil indicam que o consumo de energia elétrica em canteiros de obras de pequeno a médio porte, especialmente aqueles destinados à implantação de sistemas modulares como o definido para a Ecosan Sustentabilidade, situa-se na faixa média de 600 a 800 kWh/mês. Essa variação depende de fatores como o tipo de equipamento utilizado, a intensidade da jornada de trabalho e as condições de infraestrutura elétrica disponível no local (HELLER, 1999; PNUMA, 2023).

Em situações nas quais não há acesso à rede pública de energia, recorre-se ao uso de geradores a diesel, cujo consumo pode ser estimado em aproximadamente 0,3 litro por kWh gerado (IEA, 2022). Essa equivalência permite converter o consumo elétrico previsto em unidades energéticas associadas a emissões diretas de gases de efeito estufa (escopo 1), facilitando avaliações integradas de impacto ambiental e energético.

A utilização dessa estimativa técnica como valor de base é estratégica para a construção de indicadores de sustentabilidade e a aplicação de métodos de análise como o Valor Presente Líquido (VPL)¹⁴ ajustado à sustentabilidade. A partir desse parâmetro, é possível:

¹⁴ O valor presente líquido (VPL), também conhecido como valor atual líquido (VAL) ou método do valor atual, é a fórmula econômico-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial.



- Comparar cenários de consumo com e sem a adoção de medidas de eficiência energética, como o uso de lâmpadas LED, temporizadores e painéis solares provisórios;
- Estimar emissões indiretas de GEE (escopo 2), com base nos fatores de emissão associados à matriz elétrica nacional ou ao uso de combustíveis fósseis;
- Avaliar os impactos econômicos e ambientais de práticas sustentáveis no canteiro, permitindo integrar decisões técnicas ao planejamento estratégico da sustentabilidade organizacional, conforme proposto pela ABNT NBR ISO 14001 e pela Agenda 2030 (ONU, 2015).

A definição precisa desse intervalo de consumo contribui para metas mais realistas e auditáveis, em conformidade com as boas práticas de gestão energética e ambiental.

A quantificação do consumo de energia elétrica associada às atividades da Ecosan Sustentabilidade foi realizada com base na caracterização das etapas principais do seu processo produtivo. As estimativas anteriores – referentes às demandas energéticas típicas de canteiros de obra, sistemas de tratamento e infraestrutura de apoio – permitiram consolidar os dados e distribuí-los segundo as três fases operacionais mais relevantes para o ciclo de vida do Sistema Ecosan Sustentabilidade Modular de RAFA + biofiltro.

A primeira etapa contempla as atividades administrativas e operacionais de escritório, como engenharia de projeto, modelagem técnica, acompanhamento de obras e serviços de apoio. Nessa fase, estimou-se um consumo anual de 15.536 kWh, considerando o uso contínuo de computadores, climatização, iluminação e equipamentos de suporte técnico.

A segunda etapa compreende o processo de fabricação, montagem e pré-configuração dos sistemas modulares, no qual há maior demanda de energia para acionamento de máquinas, soldas, testes hidráulicos e pintura técnica. Nessa fase, o consumo energético é substancialmente mais elevado, totalizando 46.160,40 kWh/ano.

Por fim, a terceira etapa diz respeito ao consumo de energia elétrica no canteiro de obras, durante a instalação física dos sistemas. Essa estimativa considera a operação de bombas, ferramentas elétricas, iluminação temporária, escritório de apoio e equipamentos de medição, resultando em um total de 9.306 kWh/ano.

A soma total anual de energia elétrica consumida pelas três etapas é de 71.002,40 kWh/ano, portanto **K11 = 71.002,40 kWh/ano**, valor que será utilizado como base de cálculo para definição de metas progressivas de redução de consumo energético, em consonância com o ODS 7 (energia limpa e acessível) e com as diretrizes normativas estabelecidas pela ABNT NBR ISO 50001:2018 – Sistemas de gestão da energia (ABNT, 2018).

Tabela 5 - Consumo total de energia elétrica na Ecosan Sustentabilidade (K11)

Etapa	kWh/ano
1- Escritório	15.536,00
2- Fabricação e pré montagem	46.160,40
3- Instalação (canteiro de obra)	9.306,00
Total (K11)	71.002,40

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

K11 = energia elétrica (projeto e instalação) = 71.002,40 kWh/ano



Para garantir a coerência técnica e metodológica do presente estudo, o sistema padrão de saneamento adotado como referência para a memória de cálculo foi validado frente ao portfólio de soluções da própria empresa Ecosan Sustentabilidade. Após análise detalhada do Catálogo Técnico Institucional da Ecosan Sustentabilidade (2024), verificou-se que a configuração proposta — com capacidade de tratamento de aproximadamente 25 m³/dia, baseando-se na combinação de reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) seguido por leito filtrante biológico — é plenamente compatível com os sistemas modulares disponibilizados comercialmente pela organização.

Tais sistemas são apresentados como adequados para uso em obras temporárias, empreendimentos de médio porte, escolas, condomínios e indústrias leves, e apresentam eficiência energética, modularidade, baixo impacto ambiental e possibilidade de reuso da água tratada para fins não potáveis, como irrigação, jardinagem e descargas sanitárias.

Além disso, o catálogo evidencia que os equipamentos que compõem os sistemas (bombas submersíveis, painéis de comando, sistemas de desinfecção, entre outros) têm baixo consumo energético e elevada durabilidade, o que respalda os parâmetros utilizados para projeções de consumo na fase de operação do sistema.

Portanto, considera-se tecnicamente justificado que o sistema padrão descrito neste relatório representa uma configuração realista, aderente ao portfólio da Ecosan Sustentabilidade e condizente com as soluções efetivamente oferecidas pela empresa, permitindo sua aplicação como base de cálculo em diferentes etapas do ciclo de vida (projeto, fabricação e instalação).

b) Interpretação do resultado

Os resultados obtidos a partir do cálculo do indicador K11 refletem a distribuição relativa do consumo de energia elétrica ao longo das três etapas operacionais do sistema RAFA + biofiltro. A análise permite identificar os pontos de maior intensidade energética e os potenciais focos de melhoria na governança ambiental da Ecosan.

A Etapa 1 – Projeto apresentou baixo consumo absoluto, como esperado para atividades predominantemente intelectuais e administrativas. Sua participação no total energético é marginal, mas ainda relevante para a composição do indicador por representar o início do ciclo de vida do produto.

A Etapa 2 – Fabricação concentrou a maior parcela do consumo de energia elétrica, em função da presença de equipamentos de maior potência, processos contínuos e utilização intensiva da infraestrutura fabril. Esse resultado evidencia o peso da etapa produtiva na pressão ambiental associada à energia, indicando que intervenções nesse ponto podem gerar ganhos significativos em eficiência.

A Etapa 3 – Instalação, apesar de não contar com dados primários, apresentou consumo estimado compatível com parâmetros técnicos disponíveis na literatura especializada. Sua participação relativa foi inferior às etapas anteriores, mas ainda representa uma carga ambiental relevante quando considerada em escala de múltiplas unidades implementadas.

De modo geral, o indicador K11 cumpre seu papel como ferramenta de diagnóstico energético ao longo do ciclo de vida operacional do sistema. Sua estrutura desagregada por etapas favorece a análise



comparativa entre processos internos e permite a identificação de prioridades para ações de redução de consumo, eficiência energética e mitigação de impactos ambientais associados.

c) Limitações e recomendações

A estruturação do indicador K11 permite à Ecosan qualificar sua gestão energética com base em evidências operacionais desagregadas por etapa do ciclo de vida. O mapeamento do consumo de energia elétrica nas fases de projeto, fabricação e instalação possibilita identificar os pontos críticos de pressão ambiental, subsidiando decisões orientadas à eficiência e à redução de impactos.

Os resultados evidenciam que a etapa de fabricação representa o maior foco de consumo energético. Esse achado justifica a priorização de medidas voltadas à otimização dos processos industriais, tais como: modernização de máquinas e equipamentos, racionalização do layout produtivo, implementação de sistemas de gestão da energia conforme a ISO 50001:2018, e auditorias energéticas periódicas.

Nas etapas de projeto e instalação, as recomendações gerenciais incluem o aprimoramento da eficiência em escritórios técnicos (por meio de iluminação natural, climatização racional e equipamentos de menor consumo), bem como o desenvolvimento de protocolos operacionais para instalação em campo com menor dependência energética. A possibilidade de adoção de fontes alternativas (como geradores solares móveis ou dispositivos autônomos) também pode ser explorada, especialmente em contextos com limitação de acesso à rede elétrica convencional.

Por fim, recomenda-se a institucionalização do indicador K11 como parte do sistema de governança ambiental da Ecosan, com sua incorporação aos Relatórios de Sustentabilidade, planos de metas internas e critérios de avaliação de desempenho operacional. A continuidade da medição e o aperfeiçoamento da base de dados nas etapas futuras permitirão consolidar uma linha de base energética confiável e comparável ao longo do tempo.

5.3.2 K12 – Emergia

Introdução conceitual

O indicador K12 integra o setor 1 – Meio Ambiente (Energia e Emergia) do modelo 5 SEnSU+G e tem como objetivo mensurar a emergia total incorporada ao ciclo de desenvolvimento e implantação da unidade de saneamento da Ecosan, composta pelo sistema RAFA acoplado a um biofiltro aeróbio. A emergia, conforme proposta por Odum (1996), refere-se à energia de base solar utilizada direta ou indiretamente para produzir um bem ou serviço, sendo expressa em unidades de energia emergética (seJ – solar em Joules).

A análise emergética permite uma avaliação mais ampla da eficiência ambiental e da carga de recursos naturais envolvidos na produção de tecnologias, ao integrar insumos materiais, energéticos e serviços em um único indicador. Tal abordagem é particularmente relevante em processos industriais sustentáveis, pois viabiliza a comparação entre alternativas tecnológicas sob a ótica do uso racional dos recursos da natureza (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004).

O escopo do indicador K12 contempla as três etapas operacionais do sistema organizacional da Ecosan:



- Etapa 1 – Projeto (escritório): considera os recursos mobilizados no desenvolvimento técnico da unidade de saneamento, incluindo energia elétrica, serviços de engenharia e infraestrutura administrativa;
- Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem (unidade fabril): incorpora os insumos físicos utilizados, como materiais construtivos, componentes hidráulicos, mão de obra direta e energia elétrica associada à produção;
- Etapa 3 – Instalação e comissionamento (cliente): abrange o consumo de recursos para transporte, montagem em campo e integração do sistema à infraestrutura local.

Ao consolidar o valor total de energia das três etapas, o indicador K12 fornece um retrato sintético da intensidade ambiental da unidade funcional, viabilizando análises comparativas, definição de *benchmarks* internos e estabelecimento de metas organizacionais de redução de pressão ambiental. O indicador também serve como insumo para a construção do índice composto K61 (Governança Energética), ao lado do indicador K11, compondo um diagnóstico energético-integrado da organização.

Escopo de análise

O indicador K12 considera a energia total incorporada direta ou indiretamente, energia ao ciclo completo de desenvolvimento e implementação do sistema RAFA + biofiltro, unidade funcional de saneamento concebida e operada pela Ecosan. A análise energética abrange as três etapas operacionais definidas no escopo do projeto organizacional da empresa:

- Etapa 1 – Projeto (escritório): engloba os fluxos de serviços, energia elétrica e recursos administrativos envolvidos na elaboração do projeto técnico, simulações e planejamento executivo da unidade de saneamento;
- Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem (unidade fabril): considera os materiais construtivos, componentes físicos, mão de obra, energia elétrica e demais recursos empregados na montagem dos módulos RAFA e biofiltro na planta industrial da Ecosan, localizada na região do ABC Paulista;
- Etapa 3 – Instalação e comissionamento (cliente): abrange os recursos energéticos, materiais e logísticos necessários à entrega técnica do sistema, incluindo transporte, fixação, vedação e integração à infraestrutura local.

A delimitação do escopo analítico compreende exclusivamente os fluxos de entrada necessários para a entrega de uma unidade funcional completa (01 sistema RAFA + biofiltro). A quantificação da energia foi realizada com base na identificação dos insumos relevantes em cada etapa, sua conversão para energia equivalente e a aplicação de fatores de transformidade obtidos em literatura especializada (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004).

O ano de 2024 foi adotado como referência (baseline) para o levantamento e validação dos dados, por representar o primeiro ciclo completo com informações sistematizadas da operação da Ecosan. O resultado energético obtido serve como base para o monitoramento intertemporal, a formulação de metas organizacionais e a integração do indicador aos instrumentos de governança e sustentabilidade corporativa.

Fontes de dados



A construção do indicador K12 baseou-se na identificação dos insumos relevantes ao longo das três etapas do ciclo operacional da unidade de saneamento RAFA + biofiltro e na aplicação de fatores de transformidade para a conversão dos fluxos em energia emergética. A seguir, são descritas as fontes e critérios utilizados em cada etapa.

a) Etapas 1 e 2 – escritório e unidade fabril

Para as etapas de projeto (escritório) e fabricação e pré-montagem (unidade fabril), foram considerados os seguintes fluxos:

- Consumo de energia elétrica (dados primários fornecidos pela Ecosan);
- Materiais construtivos e componentes técnicos utilizados na fabricação do sistema (ex.: concreto, PVC, polietileno, conexões hidráulicas, geotêxteis);
- Mão de obra alocada por etapa;
- Serviços indiretos vinculados ao desenvolvimento do produto.

As quantidades físicas dos insumos foram estimadas com base em inventários técnicos, registros internos de produção e engenharia, e posteriormente convertidas em energia por meio da aplicação de fatores de transformidade extraídos da literatura clássica sobre Análise Emergética, com destaque para Odum (1996) e Brown & Ulgiati (2004). Quando necessário, foram utilizadas transformidades atualizadas de bases secundárias confiáveis.

b) Etapa 3 – instalação e comissionamento

Para a etapa de instalação do sistema RAFA + biofiltro nas unidades dos clientes, foram consideradas as seguintes categorias de insumos:

- Transporte dos módulos pré-montados;
- Uso de materiais auxiliares em campo (areia, brita, cimento para vedação e travamento);
- Equipamentos de instalação (bombas, ferramentas elétricas);
- Energia elétrica e combustíveis utilizados durante os testes e procedimentos de comissionamento;
- Mão de obra técnica para montagem e fixação do sistema.

As estimativas de consumo foram realizadas com base em protocolos operacionais padrão e coeficientes médios encontrados em literatura técnico-científica aplicada à infraestrutura de saneamento descentralizado. Os dados foram adaptados para refletir o contexto de sistemas modulares de pequeno porte, típicos da atuação da Ecosan, e também convertidos por meio de transformidades consistentes com os insumos equivalentes utilizados nas etapas anteriores.

c) Limitações e recomendações

A principal limitação da base de dados emergética reside na disponibilidade e atualidade dos fatores de transformidade, uma vez que nem todos os insumos específicos possuem valores diretamente publicados na literatura. Nesses casos, foram utilizados equivalentes funcionais ou aproximações baseadas em categorias materiais semelhantes.



Adicionalmente, os fluxos informacionais e os serviços administrativos foram considerados com base em médias ponderadas por unidade funcional, o que pode introduzir alguma imprecisão na apuração final. Recomenda-se, para os ciclos futuros, a consolidação de um banco de dados emergético próprio da organização, com transformidades validadas e atualizadas, além do aprimoramento da rastreabilidade dos insumos ao longo das etapas do ciclo produtivo.

Metodologia de cálculo

O cálculo do indicador K12 foi estruturado com base nos princípios da análise emergética, conforme estabelecido por Odum (1996), e tem como objetivo estimar a energia total incorporada à produção e implementação de uma unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro. A metodologia segue uma abordagem de inventário por etapas, em que os fluxos de materiais, energia, informação e serviços são identificados, quantificados e convertidos em uma unidade comum de medida: o solar em Joule (seJ).

A estrutura de cálculo adotada reflete as três etapas operacionais definidas no escopo do projeto da Ecosan, sendo cada uma avaliada individualmente quanto à sua contribuição emergética. Os fluxos foram agrupados por categoria (materiais, energia, serviços, mão de obra e transporte) e associados a seus respectivos fatores de transformidade, com base em fontes consagradas da literatura científica, como Odum (1996) e Brown & Ulgiati (2004). As transformidades utilizadas correspondem a valores médios publicados para insumos de natureza e complexidade equivalentes, garantindo consistência metodológica e rastreabilidade.

A energia total resultante representa o esforço energético ambiental necessário para viabilizar uma unidade do sistema de saneamento, integrando insumos diretos e indiretos em uma lógica sistêmica. Essa abordagem permite avaliar a intensidade ambiental do processo produtivo, subsidiar decisões de gestão e fomentar a busca por alternativas de menor carga emergética no ciclo de vida do produto.

a) Fórmula geral do indicador K12

A quantificação da energia total incorporada à unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro foi realizada por meio da aplicação da fórmula base da Análise Emergética, conforme os fundamentos estabelecidos por Odum (1996). A estrutura de cálculo adotada consiste na soma dos produtos entre os fluxos físicos ou energéticos identificados e seus respectivos fatores de transformidade, expressos em seJ/unidade:

Equação II

$$K12 = \text{Energia total em (seJ)} = \sum_{i=1}^n Q_i * T_i$$

Onde:

- Q_i = Quantidade do insumo i (material, energia ou serviço), expressa na unidade física correspondente (kg, MJ, kWh, R\$ etc.);
- T_i = Transformidade do insumo i , expressa em seJ/unidade;
- n = Número total de insumos considerados no sistema.



A aplicação da fórmula foi desdobrada para refletir cada uma das três etapas do ciclo operacional: projeto (Etapa 1), fabricação e pré-montagem (Etapa 2) e instalação (Etapa 3). Para cada etapa, foram identificados os fluxos relevantes, normalizados para uma unidade funcional do sistema e convertidos em energia emergética por meio de transformidades verificadas na literatura especializada (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004).

Os dados de entrada, valores de transformidade, premissas de cálculo e coeficientes utilizados estão detalhados nas tabelas e quadros que integram esta seção. A organização por etapa permite maior transparência metodológica e facilita a atualização futura dos valores, caso novas bases técnicas sejam incorporadas ao banco de dados da Ecosan.

Etapa 1 – fase de implantação projeto

A implantação da sede administrativa da Ecosan, localizada em Santo André (SP), representa uma etapa essencial para a consolidação da identidade institucional da organização. As salas dos escritórios, com área construída de 210 m², localizam-se em um edifício que apresenta padrão construtivo elevado, com uso intensivo de materiais estruturais e elementos de vedação e acabamento de alta qualidade.

No contexto da sustentabilidade, a avaliação dos insumos utilizados na construção do ambiente corporativo deve considerar não apenas os volumes físicos, mas também a energia incorporada a esses materiais, conforme propõe a abordagem da emergia — conceito desenvolvido por Odum (1996), que quantifica toda a energia (direta e indireta) utilizada para gerar um serviço ou produto, em unidades equivalentes de energia solar.

Nesse sentido, os principais materiais empregados — concreto, aço, vidros e caixilharias metálicas — apresentam significativas cargas de emergia, especialmente o aço e o alumínio, que demandam processos industriais intensivos em energia (FERREIRA; MOURA, 2015). A quantificação inicial desses elementos permite estabelecer a base para o cálculo da pegada ambiental da infraestrutura administrativa da Ecosan e integrar esses dados às fases subsequentes do ciclo de vida da empresa.

Tabela 6 - Estimativa de consumo de materiais (por m² de área construída)

Material	Consumo médio por m²	Referência técnica
Concreto	0,30 m ³ /m ²	JOHN, V.M. et al. (2001)
Aço	35,00 kg/m ²	HELENE, P. (2007)
Vidro	0,08 m ² /m ²	Valores médios de fachadas envidraçadas (ABNT NBR 15575)
Caixilharia	0,02 m ³ /m ² (alumínio)	Estimativas por m ² envidraçado (SINDALUMINIO, 2020)

Aláfia Sustentabilidade (2025)

Diante disso, são apresentadas a seguir o dimensionamento dos principais elementos construtivos utilizados na fase de implantação da Etapa 1 (escritórios):

Dimensionamento do concreto



- Coeficiente médio: 0,30 m³ por m² de área construída;
- Área total: 210 m².

Cálculo:

$$\text{Volume total de concreto} = 0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = \mathbf{63 \text{ m}^3}$$

Dimensionamento do aço

- Coeficiente médio: 35 kg por m² de área construída;
- Área total: 210 m².

Cálculo:

$$\text{Peso total de aço} = 35 \text{ kg/m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = \mathbf{7.350 \text{ kg} = 7,35 \text{ t}}$$

Dimensionamento do vidro

- Coeficiente médio: 0,08 m² de vidro por m² de área construída (estimativa para fachada com padrão médio de envidraçamento);
- Área total: 210 m².

Cálculo:

$$\text{Área total de vidro} = 0,08 \text{ m}^2/\text{m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = \mathbf{16,8 \text{ m}^2}$$

Considerando:

Espessura média (usada em fachadas comerciais): 8 mm = 0,008 m.

Densidade do vidro: 2.500 kg/m³ (valor padrão).

$$\text{Volume do vidro} = \text{área} \times \text{espessura} = 16,8 \text{ m}^2 \times 0,008 \text{ m} = 0,1344 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa} = \text{volume} \times \text{densidade} = 0,1344 \text{ m}^3 \times 2.500 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{336 \text{ kg}}$$

Dimensionamento da caixilharia de alumínio

- Coeficiente médio: 0,02 m³ por m² de área construída (estimativa com base em área envidraçada);
- Área total: 210 m².

Cálculo:

$$\text{Volume total de caixilharia} = 0,02 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = \mathbf{4,2 \text{ m}^3}$$

Densidade do alumínio: 2.700 kg/m³ (valor médio para perfis extrudados, norma ABNT NBR 12655).

$$\text{Massa} = \text{volume} \times \text{densidade} = 4,2 \text{ m}^3 \times 2.700 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{11.340 \text{ kg}}$$



Tabela 7 - Cálculo estimado de dimensionamento para os 210 m²

Material	Cálculo	Total estimado
Concreto	0,30 × 210 = 63 m ³	63 m³
Aço	35 × 210 = 7.350 kg	7,35 t
Vidro	0,08 × 210 = 16,8 m ²	16,8 m²
Caixilharia	0,02 × 210 = 4,2 m ³	4,2 m³ (alumínio)

Aláfia Sustentabilidade (2025)

Dimensionamento da mão de obra

- Área construída: 210 m²;
- Tipo de obra: escritório padrão elevado (estrutura em concreto armado, vedação com vidro e caixilharia de alumínio);
- Local: Santo André – SP;
- Prazo estimado de execução: 4 a 6 meses (comercialmente viável para esse porte);
- Carga horária semanal: 44 horas (jornada padrão da construção civil).

Tabela 8 - Fatores de produtividade adotados

Função	Produtividade média	Observação
Servente	4 m ² /dia	apoio geral
Pedreiro	3 m ² /dia	alvenaria e revestimentos
Armador	0,15 t/dia	montagem de aço
Carpinteiro	0,3 m ³ /dia	formas para concreto
Vidraceiro	5 m ² /dia	colocação de vidro
Montador de caixilharia	2 m ² /dia	esquadrias metálicas
Eletricista	15 m ² /dia	instalações
Encanador	15 m ² /dia	hidráulica
Pintor	25 m ² /dia	acabamento final

PINI. TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. 38. ed. São Paulo: Editora PINI, 2020.

Estimativas por frente de serviço

- **Concreto e formas (63 m³)**

Armador:

$$7,35 \text{ t} / (0,15 \text{ t/dia}) = 49 \text{ dias} \rightarrow 1 \text{ armador} \times 49 \text{ dias}$$

Carpinteiro:

$$63 \text{ m}^3 / (0,3 \text{ m}^3/\text{dia}) = 210 \text{ dias} \rightarrow 2 \text{ carpinteiros} \times 105 \text{ dias}$$

- **Alvenaria e acabamentos internos (210 m²)**

Pedreiro:

$$210 \text{ m}^2 / 3 = 70 \text{ dias} \rightarrow 2 \text{ pedreiros} \times 35 \text{ dias}$$



Servente proporcional: 1 servente por 2 pedreiros.

- **Instalações elétrica e hidráulica**

Eletricista:

$$210 \text{ m}^2 / 15^{15} = 14 \text{ dias}$$

Encanador:

$$210 \text{ m}^2 / 15 = 14 \text{ dias}$$

- **Vidro e caixilharia (16,8 m² de vidro / 4,2 m³ caixilhos)**

Vidraceiro:

$$16,8 \text{ m}^2 / 5 = 3,4 \text{ dias}$$

Montador de caixilhos:

estimado = 5 dias (serviço leve)

Nota: Para estimar a área de vidro utilizada na implantação dos escritórios da Ecosan, considerou-se um coeficiente médio de 0,08 m² de vidro por metro quadrado de área construída. Esse valor é recomendado para edificações comerciais de padrão médio a elevado, nas quais se adota uma taxa de envidraçamento parcial, especialmente para fachadas e vãos de iluminação natural (JOHN et al., 2001; SINDALUMINIO, 2020). Aplicando esse coeficiente à área total da edificação, de 210 m², obteve-se:

$$\text{Área total de vidro} = 0,08 \text{ m}^2/\text{m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = 16,8 \text{ m}^2$$

A produtividade média de instalação de vidro por profissional é de aproximadamente 5 m² por dia, conforme indicado nas composições de preços e rendimentos da TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (PINI, 2020).

Para a instalação da caixilharia (estrutura metálica de suporte ao vidro, predominantemente em alumínio extrudado), adotou-se o coeficiente técnico de 0,02 m³ por metro quadrado de área construída, resultando em um volume total estimado de:

$$\text{Volume total estimado} = 0,02 \text{ m}^3 \times 210 \text{ m}^2 = 4,2 \text{ m}^3$$

Esse parâmetro segue as orientações do Guia Técnico de Esquadrias de Alumínio (SINDALUMINIO, 2020), que considera tipologias usuais de esquadrias em fachadas. A instalação desse sistema, por tratar-se de elementos pré-fabricados e de encaixe modular, pode ser realizada em aproximadamente 5 dias úteis, com uma equipe mínima especializada.

- **Pintura (acabamento em paredes e forros)**

¹⁵ A divisão por 15 m²/dia foi feita com base em produtividades médias de profissionais da construção civil obtidas em compêndios técnicos como o TCPO da PINI, e também segundo valores validados por órgãos como o SENAI, SEBRAE e SINAPI.



Pintor:

$$210 \text{ m}^2 / 25 = 8,4 \text{ dias}$$

Com cronograma bem organizado e equipes intercaladas, estima-se que essa obra pode ser feita em 90 a 120 dias úteis, com uma equipe média de 6 a 8 trabalhadores simultâneos, variando por etapa.

Tabela 9 - Composição típica da equipe (média ao longo do projeto)

Função	Nº de profissionais estimado
Servente	1 a 2
Pedreiro	2
Armador	1
Carpinteiro	2
Vidraceiro	1 (eventual)
Montador caixilharia	1 (eventual)
Eletricista	1
Encanador	1
Pintor	1
Total médio	6 a 8 pessoas simultâneas

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Diante do exposto, adota-se para essa ocasião, 7 profissionais na fase de implantação da Etapa 1.

Etapa 2 – fase de implantação fabricação e pré-montagem

A etapa de fabricação e pré-montagem dos módulos sanitários da Ecosan Sustentabilidade exige a infraestrutura adequada para abrigar, operar e manter uma série de equipamentos eletromecânicos e hidráulicos, conforme listado no inventário técnico da produção. A caracterização espacial dessa fase é fundamental para o planejamento construtivo e logístico, além da quantificação dos recursos físicos e energéticos empregados, com vistas ao cálculo de indicadores como a emergia (energia incorporada).

Definição da área construída e cálculo do envoltório físico da unidade

A estimativa da área construída da unidade produtiva da Ecosan Sustentabilidade partiu do inventário técnico de 38 equipamentos principais, com diferentes portes, funcionalidades e requisitos operacionais. Esse levantamento, fornecido pela própria empresa, subsidiou a modelagem espacial da infraestrutura física da planta, com foco na racionalização do uso do espaço e no atendimento às normas técnicas e de segurança.

Para efeito de cálculo, os equipamentos foram agrupados conforme sua dimensão e demanda operacional, classificados em três categorias:

- Equipamentos de grande porte (ex.: tornos, fresadoras, máquinas de corte e solda): requerem áreas individuais de 15 a 25 m², considerando não apenas sua base de apoio, mas também o espaço necessário para operação segura, manutenção e circulação de pessoas e materiais (ABDI, 2015; ABNT NBR 6493:1994);



- Equipamentos de médio porte (ex.: furadeiras, esmerilhadeiras, máquinas de corte a plasma): ocupam, em média, 6 a 12 m² por unidade;
- Ferramentas e bancadas leves (ex.: esmeris de bancada, serras manuais, retificadoras): requerem entre 2 e 6 m² por unidade.

Tabela 10 - Estimativa da área ocupada pelos 38 equipamentos industriais

Categoria	Equipamento	Qtde.	Área por Equipamento (m²)	Critério Técnico Aplicado	Subtotal (m²)
Grande porte	Torno Nardini MS-205	1	20	HELLER (1999); CHUDLEY & GREENO (2013)	20
	Fresadora ROMI F20	1	20	Idem	20
	Chaveteira Baciglieri P-440	1	15	SENAI (2016)	15
	Máquina de solda MIG/MAG	1	20	SENAI (2016); BOMBOZZE (2022)	20
	Máquina de corte plasma Boxer	1	15	SENAI (2016)	15
	Máquina de solda TIG ESAB	1	15	ESAB (2023)	15
Subtotal grande porte		6	—	—	105
Médio porte	Furadeira de coluna	1	10	HELLER (1999); CHUDLEY & GREENO (2013)	10
	Serra fita Franho	1	10	SENAI (2016)	10
	Serra circular bancada ESMA	1	10	SENAI (2016)	10
	Guincho hidráulico	1	10	—	10
	Prensa hidráulica 10T	1	10	—	10
	Poli corte Ferrari	1	10	—	10
	Esmerilhadeira Angular 7" (3 unidades)	3	6	2,5 m ² /unid. + circulação	18
	Lavadora de alta pressão	1	6	—	6
Subtotal médio porte		10	—	—	84
Pequeno porte	Furadeira base magnética	1	4	Ferramentas Kennedy (2024)	4
	Esmerilhadeiras 115 mm (3 unidades)	3	3	1 m ² /unid. + espaço de trabalho	9



	Pulverizador, roçadeira, rel. manuais	10+	1,5 (média)	Acessórios e ferramentas portáteis	15
	Computador, impressora, esticador	5	2	Área administrativa de apoio	10
	Forno, cafeteira, frigobar, bebedouro	4	2	Copa e apoio operacional	8
Subtotal pequeno porte		20+			46
Outros móveis e bancadas	Bancadas de montagem e inspeção		20	Layout técnico padrão SENAI	20
Subtotal complementares					20
Total estimado		38			255
Fator de ampliação (30%)	Circulação e ergonomia		30%	Conforme ABNT NBR 9050:2020	76,5
Margem técnica para reorganização layout	Redundância de espaço mínimo a ser acrescentado		53,5	Prática recomendada (ABDI, 2015; CNI, 2011)	53,5
Área útil total estimada					385 m²

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

A literatura técnica especializada reforça a necessidade de se considerar o espaço físico ocupado diretamente pelos equipamentos e as áreas complementares destinadas à circulação, segurança e ergonomia. De acordo com Heller (1999), Chudley e Greeno (2013) e os manuais técnicos do SENAI (2016), é recomendável aplicar um fator de ampliação entre 30% e 50% sobre a área bruta de ocupação, a fim de garantir condições adequadas de operação, acessibilidade e fluidez no ambiente fabril. Neste estudo, adotou-se um fator de ampliação de 40%, em conformidade com a faixa recomendada, e alinhado aos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 9050:2020, que trata da acessibilidade e da circulação segura em edificações.

Além do fator de ampliação aplicado sobre a área de ocupação dos 38 equipamentos analisados, considerou-se uma margem técnica adicional de 53,5 m². Essa prática é fundamentada nas orientações da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2015), que recomenda a previsão de áreas para infraestrutura complementar, zonas de transição, passagens técnicas, ajustes de layout e flexibilidade operacional futura.

Conforme apresentado na tabela supracitada, a área mínima ocupada pelos 38 equipamentos é de 385 m².

Conforme citado anteriormente o fator de correção para circulação ergonomia adotado nesse estudo é de 30% por ser suficiente ao porte da edificação e ao perfil da produção da Ecosan.



Para o cálculo da margem técnica foi utilizado:

$$\text{Margem técnica (m}^2\text{)} = \text{área ocupada por equipamentos (m}^2\text{)} \times 30\%$$

Substituindo os valores:

$$\text{Margem técnica} = 385 \text{ m}^2 \times 0,30 = \mathbf{115,5 \text{ m}^2}$$

Porém, o valor de 115,5 m² corresponde ao total adicional de circulação técnica. Deste valor, aproximadamente 62 m² já estavam implícitos nas faixas operacionais mais amplas atribuídas a alguns equipamentos.

Portanto, para evitar dupla contagem, subtraiu-se essa sobreposição implícita:

$$115,5 \text{ m}^2 - 62 \text{ m}^2 = \mathbf{53,5 \text{ m}^2}$$

Resumindo o efeito na tabela de definição da margem técnica operacional:

Tabela 11 - Margem técnica operacional

Elemento	Valor (m²)
Área útil ocupada pelos equipamentos	385,0
Fator de ampliação de 30% (literatura)	115,5
Redução por sobreposição já considerada	- 62,0
Margem técnica adicional adotada	53,5 m²

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Foi usado como critério para estimativa da área de dupla circulação a premissa de envelope funcional.

Na primeira estimativa da área ocupada pelos 38 equipamentos (total de 385 m²), parte da circulação já estava embutida nos valores atribuídos a cada categoria de equipamento:

Por exemplo, ao atribuir 25 m² a um torno, já se está considerando o espaço da máquina mais a faixa de operação segura frontal e lateral (cerca de 1,20 m a 1,50 m em cada direção).

Isso é coerente com a prática de layout industrial, em que o “envelope funcional” do equipamento já inclui espaço técnico (ABDI, 2015; SENAI, 2016).

Com base na análise da distribuição dos equipamentos por porte, foi definido um fator médio de sobreposição já embutida, conforme Tabela 12:

Tabela 12 - Critérios para evitar dupla contagem

Categoria	Qtde.	Área média atribuída	% de sobreposição estimada
Grande porte	12	20 m ²	60%
Médio porte	15	8 m ²	40%
Pequeno porte e leves	11	3 m ²	20%

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)



Cálculo da sobreposição embutida

Para cada categoria:

1. **Grande porte:**
 - Área: $12 \times 20 = 240 \text{ m}^2$;
 - Sobreposição: $240 \text{ m}^2 \times 0,60 = \mathbf{144,0 \text{ m}^2}$;
2. **Médio porte:**
 - Área: $15 \times 8 = 120 \text{ m}^2$;
 - Sobreposição: $120 \text{ m}^2 \times 0,40 = \mathbf{48,0 \text{ m}^2}$;
3. **Leves:**
 - Área: $11 \times 3 = 33 \text{ m}^2$;
 - Sobreposição: $33 \text{ m}^2 \times 0,20 = \mathbf{6,6 \text{ m}^2}$.

Total estimado de sobreposição embutida:

$$144 \text{ m}^2 + 48 \text{ m}^2 + 6,6 \text{ m}^2 = \mathbf{198,6 \text{ m}^2}$$

No entanto, como o fator de ampliação total (30%) sobre 385 m^2 gera $115,5 \text{ m}^2$, só se pode aplicar o excedente ainda não embutido. A sobreposição embutida ultrapassa esse valor, por isso ajusta-se proporcionalmente.

Foi então adotado um valor de 62 m^2 como limite realista e auditável, correspondendo a:

$$62 \text{ m}^2 / 115,5 \text{ m}^2 = \mathbf{53,7\% \text{ da ampliação total}}$$

Ou seja, aproximadamente 54% da ampliação já estava considerada nos envelopes funcionais atribuídos aos equipamentos, com 46% restantes aplicados como margem técnica adicional ($53,5 \text{ m}^2$).

Com base nesses critérios, chegou-se a uma área útil estimada de aproximadamente 385 m^2 . A essa área somaram-se os espaços destinados a funções auxiliares, como almoxarifado, sanitários, ventilação técnica, carga e descarga e áreas de apoio. Assim, a estimativa final da área total construída para a unidade fabril foi de aproximadamente 500 m^2 , representando uma abordagem robusta, replicável e tecnicamente fundamentada:

Tabela 13 - Estimativa da área construída com detalhamento de áreas auxiliares

Elemento Avaliado	Critério ou Referência Técnica	Valor Estimado (m²)
Área útil para máquinas e circulação	Baseada na tipologia de 38 equipamentos industriais (classificação por porte e necessidade operacional)	385 m ²
Fator de ampliação para segurança e ergonomia	30% sobre área útil ocupada (ABNT NBR 9050:2020; HELLER, 1999; CHUDLEY & GREENO, 2013; SENAI, 2016)	Incluso nos 385 m ² (expansão embutida)



Almoxarifado técnico	Área mínima para armazenamento de insumos e peças	40 m ²
Sanitários e vestiário	Instalações sanitárias mínimas para equipe técnica	15 m ²
Ventilação técnica e abrigo de equipamentos	Espaço para sistemas de ventilação, quadro elétrico e apoio técnico	15 m ²
Área de carga e descarga	Área coberta para recebimento e expedição de materiais	30 m ²
Áreas de apoio administrativo (escritório, copa)	Espaço funcional mínimo para gestão local	15 m ²
Área total construída estimada	Soma de área útil + áreas auxiliares	500 m²

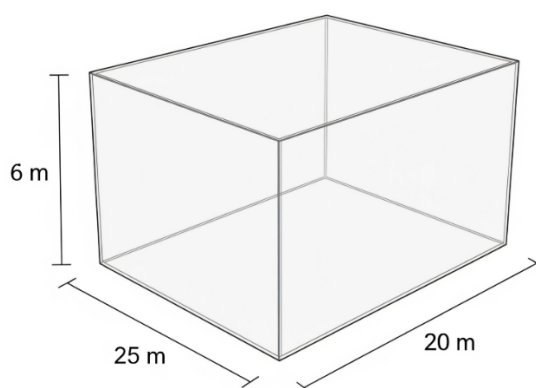
Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Estrutura física da edificação

A edificação foi modelada como um galpão retangular de 25 metros de comprimento por 20 metros de largura, totalizando uma área de cobertura de:

$$\text{Área de cobertura} = 25 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 500 \text{ m}^2$$

Imagem 1 - Dimensões da estrutura física da unidade de produção



Aláfia Sustentabilidade (2025)

Esse valor representa a projeção horizontal da edificação no solo, sendo utilizado para cálculo de fundações, lajes, cobertura e impermeabilização, conforme diretrizes da ABNT NBR 15220-3:2005 e do Manual Técnico de Edificações Industriais da CNI (2011).

Adotou-se um pé-direito de 6 metros, padrão em construções industriais de médio porte, o que permitiu calcular a área de fachada (envoltória vertical) da edificação como segue:

- Duas paredes de 25 m × 6 m:
 $25 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 150 \text{ m}^2 \Rightarrow 2 \times 150 \text{ m}^2 = 300 \text{ m}^2$
- Duas paredes de 20 m × 6 m:
 $20 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 120 \text{ m}^2 \Rightarrow 2 \times 120 \text{ m}^2 = 240 \text{ m}^2$



Somando-se as áreas:

$$\text{Área total das fachadas} = 300 \text{ m}^2 + 240 \text{ m}^2 = 540 \text{ m}^2$$

A área de cobertura (500 m²) corresponde à superfície horizontal da construção — piso e telhado — sendo fundamental para os cálculos de consumo de concreto, aço estrutural, impermeabilizantes e telhas. Já a área de fachada (540 m²) refere-se à envoltória vertical — as paredes laterais da edificação — e é essencial para o cálculo de materiais como blocos, argamassa, reboco, pintura, janelas, caixilhos e superfícies envidraçadas. Além disso, o volume das paredes deve ser considerado na estimativa de concreto e aço estrutural, especialmente em galpões com vedação em alvenaria ou painéis pré-moldados (CHUDLEY; GREENO, 2013; CNI, 2011). Essa inclusão é imprescindível em estudos de energia, pois a energia incorporada nas estruturas verticais representa parcela significativa do investimento de recursos na fase de implantação.

Ambas as áreas cumprem papéis complementares na Avaliação de Sustentabilidade e devem ser usadas de forma contextualizada nas estimativas de insumos e no cálculo de energia.

Tabela 14 - Áreas de partes diferentes da edificação

Área	Valor	O que representa?	Quando usar?
Área de cobertura	500 m ²	A superfície horizontal do chão ou do telhado da edificação (planta baixa). É o piso da construção, normalmente calculado como comprimento x largura.	Usada para estimar fundação, cobertura, telhado, laje, uso do solo, impermeabilização, telhas etc.
Área de fachada	540 m ²	A área vertical total das quatro paredes externas (envoltória), considerando o pé-direito (altura). É a soma das superfícies laterais do galpão.	Usada para estimar revestimento, pintura, isolamento, caixilhos, área envidraçada, perdas térmicas etc.

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Exemplo prático de uso de cada área:

- Para dimensionar a quantidade de telhas → usa-se 500 m²;
- Para estimar tinta de parede ou o volume de vidro (ex.: 10% da fachada em vidro) → usa-se 540 m²;
- Para cálculo de energia da construção civil → ambos os valores podem ser usados:
 - 500 m² para calcular consumo de cimento, concreto, aço da laje, telhas;
 - 540 m² para calcular materiais de vedação, revestimentos, alvenaria, janelas.

Altura útil e volume interno

Conforme recomendações do manual da CNI (2011) para galpões industriais leves, definiu-se um **pé-direito de 6,0 metros**, que viabiliza boa ventilação cruzada, iluminação natural por *sheds*¹⁶ e circulação de equipamentos suspensos (ex.: ponte rolante leve ou talha elétrica).

¹⁶ Em iluminação natural por *sheds*, "*sheds*" refere-se a um tipo de telhado em forma de "dente de serra", com aberturas verticais geralmente em vidro, projetadas para permitir a entrada de luz natural em ambientes, especialmente em galpões e edifícios industriais. Essa técnica é uma forma de iluminação zenital, que busca otimizar o uso da luz solar para reduzir a dependência de iluminação artificial.



Definição do pé-direito

Conforme ABNT NBR 15575 e norma técnica de galpões industriais leves:

- Altura mínima = 4,5 m;
 - Altura recomendada = 5,5 m a 7,0 m;
- (considerando exaustão natural, ponte rolante leve e manutenção)
- Adotando: 6 m como padrão para cálculo de volume e energia incorporada.

Altura do pé direito da edificação: 6 metros

Assim, o volume interno estimado da edificação é: $\text{área} \times \text{pé-direito} = 500 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} = 3.000 \text{ m}^3 \rightarrow$

Volume interno da edificação: 3.000 m³

Área envidraçada para fachadas industriais e massa de vidro

A área de janelas e fachadas transparentes foi estimada com base na proporção recomendada para ambientes industriais de média permanência: entre 8% e 12% da área de fachada (ABNT NBR 15220-3:2005). Considerando uma planta retangular de 20 m × 25 m:

- Padrão: 8% a 15% da área de fachada (NBR 15220-3, iluminação natural);
- Área total de fachadas = $(20 \text{ m} + 25 \text{ m}) \times 2 \times 6 \text{ m} = 540 \text{ m}^2$;
- Área envidraçada estimada (10%) = 54 m^2 ;
- Adotando vidro comum de 6 mm, cuja densidade é de 2.500 kg/m^3 , e massa específica aproximada de 15 kg/m^2 , o peso total do vidro é:

Área envidraçada = $54 \text{ m}^2 \times 15 \text{ kg/m}^2 = 810 \text{ kg}$ de vidro instalado

Caixilharia de alumínio

Considerando uma construção industrial padrão e ventilada e de acordo com normas de ventilação e iluminação natural de galpões industriais (NBR 15575, ABNT, 2021), considera-se que seja comum a instalação de vãos com esquadrias de alumínio e vidro, especialmente em fachadas laterais. Diante disso, estima-se que 15% da área de fachada seja ocupada por vidros fixados em caixilhos de alumínio.

Estimativa de 15% da área de fachada (540 m^2) = 81 m^2 de área envidraçada: coerente com a faixa recomendada de 8% a 15% segundo a ABNT NBR 15220-3:2005 e boas práticas para iluminação natural.

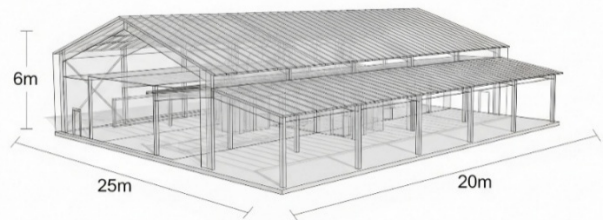
Peso do alumínio: 3 kg/m^2 para caixilharia leve (liga 6063) é compatível com dados do fabricante e da literatura técnica (ex.: AGC Glass Manual, 2018 e fabricantes como Alcoa, Hydro).

Total de alumínio (caixilharia): $81 \text{ m}^2 \times 3 \text{ kg/m}^2 = 243 \text{ kg}$

Telhado

Diante do perfil industrial da edificação, foi adotado o telhado como sendo de telha metálica trapezoidal galvanizada, espessura 0,5 mm, cobertura total da área de 500 m².

Imagem 2 - Dimensões da estrutura física da unidade de produção com telhado de alumínio (telhas trapezoidais)



Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Área de cobertura de 500 m²: confirmada anteriormente.

Telha trapezoidal galvanizada (espessura 0,5 mm): padrão em galpões industriais, espessura compatível com especificações de fabricantes como Brasilit, Telhanorte, Tigre.

Peso médio: cerca de 5 kg/m² para telha de aço galvanizado espessura 0,5 mm.

Portanto: 500 m² × 5 kg/m² = 2.500 kg de cobertura metálica.

Total de alumínio (telhado) = 2.500 kg

A massa de alumínio foi estimada com base na área envidraçada total (81 m²), adotando coeficiente médio de 3 kg/m² conforme parâmetros de esquadrias leves de alumínio (AGC, 2018; ALCOA, 2021). O peso total estimado é de 250 kg. Já a cobertura metálica considera telhas trapezoidais galvanizadas de 0,5 mm, com densidade aproximada de 5 kg/m² (TELHANORTE, 2024), totalizando 2.500 kg de material.

Alumínio total da obra: 243 kg + 2.500 kg = 2.743 kg

Concreto

Premissas gerais da estrutura

Este estudo adota como base bibliográfica os manuais técnicos da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2011), do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2016) e da literatura de engenharia civil industrial (CHUDLEY; GREENO, 2013), além das normas da ABNT aplicáveis.

- Área da edificação (piso e cobertura): 500 m²;
- Altura (pé-direito): 6 m;
- Estrutura: concreto armado convencional (sapatas, pilares, vigas e laje);
- Fechamento lateral (paredes): bloco estrutural de concreto, espessura média de 15 cm;
- Cobertura: telhado metálico leve com estrutura em aço galvanizado.

Cálculo da Estrutura Civil: Concreto e Aço

Fundações



- Tipo: sapatas isoladas com blocos de coroamento;
- Quantidade estimada: 16 unidades (espaçamento médio de 5 m);
- Volume médio por sapata: 1,5 m³:

$$\text{Volume total de concreto (fundação)} = 16 \times 1,5 \text{ m}^3 = 24 \text{ m}^3$$

Pilares

- Altura: 6 m;
- Seção: 0,30 m × 0,30 m;
- Volume por pilar: 0,30 m × 0,30 m × 6 m = 0,54 m³;

Total de pilares: 16:

$$\text{Volume total de concreto (pilares)} = 16 \times 0,54 \text{ m}^3 = 8,64 \text{ m}^3$$

Vigas de transição e amarração

- Comprimento total aproximado: 200 m;
- Seção média: 0,25 m × 0,4 m:

$$\text{Volume total de concreto (vigas)} = 200 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 20 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$

Laje e piso

- Espessura: 12 cm = 0,12 m;
- Área: 500 m²:

$$\text{Volume} = 500 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} = 60 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$

Paredes

- Área total de fachadas: 540 m²;
- Espessura média dos blocos: 0,15 m:

$$\text{Volume} = 540 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 81 \text{ m}^3 \text{ de concreto}$$

Volume total estimado de concreto:

$$24 \text{ m}^3 + 8,64 \text{ m}^3 + 20 \text{ m}^3 + 60 \text{ m}^3 + 81 \text{ m}^3 = 193,64 \text{ m}^3$$

Tabela 15 - Volume de concreto na Etapa 2 – Fase de implantação

Elemento da Obra	Volume (m³)
Fundações (sapatas)	24,00
Pilares	8,64
Vigas	20,00



Laje/Piso	60,00
Paredes	81,00
Total	193,64 m³

Aláfia Sustentabilidade (2025)

Quantitativo de Aço estrutural (armaduras)

Premissas técnicas isoladas para cálculo do aço utilizado na edificação da unidade de produção:

Tabela 16 - Premissas técnicas isoladas para estimativa o uso de aço na edificação – Etapa 2

Elemento Estrutural	Aço por m³ de concreto	Fonte
Fundação (sapatas)	100 kg/m³	CHUDLEY; GREENO, 2013; CNI, 2011
Pilares	120 kg/m³	ABNT NBR 6118:2014
Vigas	120 kg/m³	CHUDLEY; GREENO, 2013
Laje/Piso	80 kg/m³	CNI, 2011; SENAI, 2016
Paredes	30 kg/m³	Adaptação de sistemas com bloco estrutural leve (HELLER, 1999)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Cálculo detalhado do aço da edificação

Fundações

- Volume de concreto: 24 m³;
- Fator de aço: 100 kg/m³:

Aço (fundação): 24 m³ × 100 kg/m³ = 2.400 kg

Pilares

- Volume de concreto: 8,64 m³;
- Fator de aço: 120 kg/m³:

Aço (pilares): 8,64 m³ × 120 kg/m³ = 1.036,80 kg

Vigas

- Volume de concreto: 20 m³;
- Fator de aço: 120 kg/m³:

Aço (vigas): 20 m³ × 120 kg/m³ = 2.400 kg

Laje e Piso



- Volume de concreto: 60 m³;
- Fator de aço: 80 kg/m³:

Aço (laje e piso): 60 m³ × 80 kg/m³ = 4.800 kg

Paredes (bloco estrutural)

- Volume de concreto: 81 m³;
- Fator de aço: 30 kg/m³:

Aço: 81 m³ × 30 kg/m³ = 2.430 kg

Tabela 17 - Peso total do aço de construção

Elemento	Volume (m ³)	Aço (kg/m ³)	Total de aço (kg)
Fundação (sapatas)	24,00	100	2.400,00
Pilares	8,64	120	1.036,80
Vigas	20,00	120	2.400,00
Laje e Piso	60,00	80	4.800,00
Paredes (fachadas)	81,00	30	2.430,00
Total estimado			13.067,00 kg

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Peso em aço dos equipamentos contidos na edificação

O peso em aço dos equipamentos contidos na unidade de produção é uma informação importante a ser considerada de acordo com Odum (1986). Diante disso e, a partir das informações contidas no Relatório Técnico oferecido pela Ecosan Sustentabilidade, o peso em aço estimado apresenta-se na Tabela 18:

Tabela 18 - Estimativa do peso em aço dos equipamentos

Descrição	Modelo	Qtde.	Estimativa de peso total em aço (kg)	Referência técnica / base de cálculo
Torno NARDINI-MS-205 AS	MS-205	1	850	Catálogo Nardini / similar ROMI C40
Fresadora Ferramenteira	ROMI F20	1	700	ROMI F20 ficha técnica
Plaina laminadora	P-440	1	500	José Baciglieris / médios porte
Furadeira de Coluna	4-FC	1	180	Jonville / catálogo técnico
Serra fita	Fm500h	1	300	Franho / catálogos de corte
Serra Circular de Bancada	ES-1600	1	95	Esma / ficha técnica
Moto Esmeril de Coluna 5cv	Bombozze	1	120	Equivalente Schulz / Bivolt
Prensa hidráulica 10T	RP00001	1	220	Ribeiro / padrão industrial leve
Máquina de solda MIG MAG	Plus-350DF	1	65	Bombozze / linha 350 A
Gerador de energia	EP-2500	1	45	Honda 2500 / portátil a gasolina



Máquina corte plasma 60/80A	HARDCUT-82	1	60	Boxer / média potência
Máquina de solda TIG	Buddy TIG 200HF	1	25	ESAB / especificações comerciais
Esmerilhadeira Angular 7" (3 unid.)	BOCH	3	18	Média de 6 kg cada
Furadeira magnética	NAGANO 1380W	1	45	Linha magnética Nagano
Kit Esticador Hidráulico	EH10	1	35	ACM Tools – uso em oficinas
Guincho girafa hidráulico 500 kg	G500	1	120	Estrutura em aço tubular
Serra Circular SKIL 7.1/4"	5300	1	6	Skil – linha portátil
Total em kg	3.384			

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Para efeito de avaliação do peso dos equipamentos, foram considerados os equipamentos mais significativos em massa de aço e com função estrutural ou industrial clara, para fornecer estimativas com base em catálogos confiáveis e literatura técnica.

Não foram considerados os equipamentos com massa irrisória quando comparados com os demais, tais como: furadeiras de bancada leve, paquímetros, esquadros, impressoras, luminárias, condutivímetros, micro-ondas etc. Esses representam menos de 1 a 3 kg por unidade, e em projetos de sustentabilidade com foco em energia incorporada, costuma-se excluir pesos residuais que não impactam o total acumulado.

Vida útil estimada da edificação

De acordo com a ABNT NBR 15575-1:2013 (Desempenho de edificações habitacionais), a vida útil mínima de projeto para estruturas em concreto armado é: 60 anos para a estrutura principal.

Para obras industriais, segundo práticas recomendadas pela CNI (2011), recomenda-se utilizar 40 a 60 anos, dependendo do uso e manutenção.

Neste estudo, adota-se vida útil de 50 anos, conforme média de uso industrial leve.

Vida útil da edificação: 50 anos

Dimensionamento e mão de obra para fase de implantação

A estimativa de mão de obra para a construção do galpão industrial leve da Ecosan — com 500 m² de área construída — foi realizada com base em parâmetros consagrados de produtividade da construção civil, considerando uma edificação com estrutura metálica, alvenaria de vedação e cobertura do tipo *shed*.

Premissas do Cálculo:

- Área construída total: 500 m²;
- Tipo de construção: industrial leve/modular;
- Período estimado de execução da obra: 60 dias corridos (~45 dias úteis);
- Jornada padrão: 8 horas/dia.

Com base em produtividades médias por m² construído, disponibilizadas pela literatura técnica (CNI, 2011; PINTO, 2001), obras industriais leves demandam entre 8 e 12 horas-homens/m² para execução total



(estrutura, vedação, cobertura e instalações básicas). Adotando-se um valor conservador de 10 h-h/m², obtém-se:

$$\text{Homens-hora totais} = 500 \text{ m}^2 \times 10 \text{ h-h/m}^2 = 5.000 \text{ homens-hora}$$

Convertendo para homens-dia:

$$\text{Homens-dia} = 5.000 \text{ h-h} / 8 \text{ h/dia} = 625 \text{ homens-dia}$$

Contudo, este valor é uma estimativa teórica bruta. Para ajustes práticos e planejamento de obra com equipes rotativas e produtividade realista (considerando logística, clima, atrasos e ajustes), recomenda-se um fator de eficiência de 80% (PINTO, 2001). Assim:

$$\text{Homens-dia ajustado} = 625 \text{ h-d} \times 0,80 = 500 \text{ homens-dia}$$

Esse valor permite distribuir as atividades ao longo de 45 dias úteis, com uma equipe média de:

$$500 \text{ h-d} / 45 \text{ dias} = 11,1 = 11 \text{ trabalhadores por dia}$$

Tabela 19 - Distribuição típica por função (exemplo)

Função	Quantidade média	Observações
Pedreiros e serventes	4	Fundação, alvenaria e piso
Montadores de estrutura	2	Estrutura metálica
Eletricistas/encanadores	2	Instalações prediais
Pintores e acabadores	1–2	Revestimento interno e externo
Mestre de obras e apoio	1	Coordenação e controle de qualidade
Total estimado/dia	11 pessoas	Equipe rotativa, conforme etapa da obra

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Etapa 3 – fase de implantação instalação

A terceira etapa refere-se ao processo de instalação do sistema padrão de saneamento no local do cliente, geralmente um canteiro de obras ou construção residencial de porte pequeno a médio. Nessa fase, o sistema definido previamente – composto por um reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA) acoplado a um biofiltro – é implementado fisicamente no terreno, requerendo recursos materiais, mão de obra e infraestrutura básica de suporte.

A instalação do sistema foi dimensionada com base no modelo de atendimento domiciliar padrão unifamiliar, voltado para até cinco pessoas. Essa configuração é amplamente utilizada em zonas rurais e periurbanas no Brasil por sua eficiência sanitária, baixo custo operacional e potencial de replicabilidade (SANTOS; SARTORI, 2012). O sistema RAFA + biofiltro é reconhecido como uma solução tecnicamente



eficaz para o tratamento primário e secundário de esgoto doméstico, sendo recomendado por órgãos como a Embrapa, FUNASA e normatizado pelas ABNT NBR 13969 e NBR 7229 (ABNT, 1997; 1993).

Para fins de cálculo, admitiram-se as seguintes hipóteses estruturantes:

- A unidade RAFA apresenta volume útil de 1.600 litros, fabricada em polietileno de alta densidade (PEAD¹⁷) ou PRFV¹⁸, com peso estimado de 160 kg;
- O biofiltro possui volume útil de 1.000 litros, com estrutura leve de alvenaria ou tanque pré-moldado, preenchido com material filtrante (areia, brita e carvão) com densidade média de 1.500 kg/m³ (JOHN et al., 2001);
- A fundação do sistema exige a execução de duas bases de concreto armado, totalizando 0,44 m³ de concreto, com taxa de armadura de 100 kg/m³ (PINI, 2020);
- A tubulação de interligação do sistema foi estimada em 25 metros lineares, com distribuição entre diâmetros DN 100 mm e DN 150 mm, conforme as recomendações da ABNT NBR 8160 para sistemas prediais de esgoto sanitário (ABNT, 1999);
- As conexões hidráulicas (joelhos, luvas, registros) foram estimadas como 20% do peso das tubulações, valor padrão adotado em composições de custos do setor (PINI, 2020);
- A instalação foi planejada para ser executada com mão de obra mínima de 3 a 4 profissionais, durante um período médio de 4 a 6 dias úteis, variando conforme as condições do terreno e disponibilidade de equipamentos de escavação.

Sistema composto por:

- 1 unidade de RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente);
- 1 biofiltro;
- Conjunto de tubulações e conexões;
- Base em concreto armado;
- Sumidouro complementar (quando necessário);
- Caixas de inspeção.

Base de Concreto para RAFA + Biofiltro

- Hipóteses:

Dimensão da base: 1,50 m × 1,50 m × 0,15 m.

Volume = 1,5 m × 1,5 m × 0,15 m = 0,3375 m³ = 0,34 m³.

- Para o biofiltro (base menor):

Volume = 1,0 m × 1,0 m × 0,10 m = 0,10 m³.

¹⁷ PEAD significa Polietileno de Alta Densidade. É um tipo de plástico conhecido por sua alta resistência, durabilidade e versatilidade, sendo amplamente utilizado em diversas aplicações industriais e do dia a dia.

¹⁸ PRFV significa Plástico Reforçado com Fibra de Vidro. É um material composto por fibras de vidro imersas em uma matriz de resina plástica, geralmente poliéster ou epóxi.



Total estimado:

$$V_{\text{concreto}} = 0,34 \text{ m}^3 + 0,10 \text{ m}^3 = \mathbf{0,44 \text{ m}^3}$$

Armadura da base

Considerando estrutura leve com taxa de 100 kg/m³ de concreto:

$$M_{\text{aço}} = 0,44 \text{ m}^3 \times 100 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{44 \text{ kg}}$$

Reator RAFA (pré-fabricado)

Volume útil: 1.600 L = 1,6 m³ (para atendimento de até 5 pessoas).

Massa do reator (PRFV ou PEAD rotomoldado¹⁹): ~160 kg (densidade estimada: 100 kg/m³).

$$\text{Volume externo ocupado} = \mathbf{2,0 \text{ m}^3}$$

Biofiltro (alvenaria ou módulo pré-fabricado)

Volume útil: 1.000 L = 1,0 m³.

Estrutura em PVC ou alvenaria: estimado ~150 kg.

Material filtrante (areia, brita, carvão):

- Densidade média: 1.500 kg/m³;
- Volume preenchido: 1,0 m³.

$$M_{\text{filtro}} = 1,0 \text{ m}^3 \times 1.500 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{1.500 \text{ kg}}$$

Tubulações PVC DN 100 e DN 150

Estimativas:

Total de tubos: 25 metros (RAFA ↔ biofiltro ↔ sumidouro ↔ edificação).

Tubos DN 100: 60% de 25 m = 15 m → 1,3 kg/m.

Tubos DN 150: 40% de 25 m = 10 m → 2,2 kg/m.

$$M_{\text{PVC}} = (15 \text{ m} \times 1,3 \text{ kg/m}) + (10 \text{ m} \times 2,2 \text{ kg/m}) = 19,5 \text{ kg} + 22,0 \text{ kg} = \mathbf{41,5 \text{ kg}}$$

Conexões e registros hidráulicos

Joelho, luva, curvas, registros: estimado 20% do peso dos tubos.

$$M_{\text{conexões}} = 0,2 \times 41,5 \text{ kg} = \mathbf{8,3 \text{ kg}}$$

Mão de Obra

¹⁹ Processo de fabricação de peças plásticas ocas.



Equipe estimada:

1 pedreiro + 1 ajudante → 3 dias.

1 encanador → 2 dias.

Total de homens-dia:

$$(2 \times 3) + (1 \times 2) = 6 + 2 = \mathbf{8 \text{ homens-dia}}$$

Tabela 20 – Resumo consolidado dos materiais na Etapa 3

Item	Unidade	Quantidade	Material
Concreto	m ³	0,44	Concreto
Aço	kg	44,00	Aço
Tubos PVC DN 100 e 150 (PVC rígido)	kg	41,50	PVC rígido
Conexões (PVC rígido)	kg	8,30	PVC rígido
RAFA (PRFV ou PEAD)	kg	160,00	PEAD
Biofiltro (estrutura)	kg	150,00	PEAD
Material filtrante	kg	1.500,00	Areia lavada grossa
Mão de obra total	h/dia	8	-

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Consumo de água: Etapa 1 – fase de operação

A Ecosan Sustentabilidade informa que atualmente conta com 32 colaboradores atuando em sua sede administrativa. Conforme demonstrado no Apêndice A: K11 Energia Elétrica, o consumo anual de energia elétrica dessa unidade é de 15.536 kWh/ano.

Sob a perspectiva da emergia — conceito proposto por Odum (1986), que considera toda a energia direta e indireta incorporada aos processos e produtos — o consumo de água também se configura como um elemento essencial a ser analisado, especialmente na fase de operação da edificação.

Dessa forma, apresenta-se a seguir o cálculo estimado do consumo de água relativo à implantação da sede administrativa da Ecosan Sustentabilidade, como parte da análise de sustentabilidade.

Considera-se o consumo de água na fase de implantação da edificação administrativa, incluindo:

- Concretagem, argamassa, limpeza e uso humano;
- Conforme metodologia do Inventário de Ciclo de Vida do setor da construção civil (LEITE; JOHN, 2003);
- Base: 0,4 m³ de água por m² de área construída (JOHN et al., 2001).

$$Q_{\text{água}} = 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 210 \text{ m}^2 = \mathbf{84 \text{ m}^3}$$

Consumo de água: Etapa 2 – fase de operação

Dada a ausência de medição direta de consumo hídrico na unidade produtiva da Ecosan, adotou-se uma abordagem híbrida de estimativa, com base na caracterização da rotina operacional da empresa e em



parâmetros técnicos obtidos na literatura. A estimativa considera duas grandes categorias de uso de água: uso doméstico/sanitário e processos auxiliares de limpeza industrial, uma vez que os equipamentos operacionais da fábrica (usinagem, soldagem, corte) não utilizam água em seus ciclos produtivos, conforme analisado na planta de equipamentos da empresa.

Considera-se o uso de sanitários, pias, copa e bebedouros por parte dos funcionários, visitantes e demais ocupantes da unidade. Adotou-se como referência o consumo de 100 litros por pessoa por dia, valor compatível com instalações de pequeno porte, segundo parâmetros de agências reguladoras (como a ADASA) e manuais técnicos do setor público e privado.

Número de pessoas: 7.

Dias de operação por ano: 264.

Consumo diário: 7×100 litros = 700 litros/dia.

Consumo anual: 700 litros \times 264 d = 184.800 litros/ano = $184,8$ m³/ano.

Consumo de água para processos industriais auxiliares:

a) Lavagem de pisos da área fabril

Considerou-se o uso de lavadora de alta pressão, com frequência semanal.

Área da fábrica: 500 m².

Fator de consumo: $0,022$ m³/hora (Nascimento et al., 2017).

Duração por lavagem: 1 hora.

Frequência: 1 vez/semana \times 52 semanas = 52 eventos/ano.

Consumo anual: 52 eventos/ano \times $0,022$ m³/hora = $1,144$ m³/ano.

b) Limpeza de peças e equipamentos

A limpeza diária é realizada manualmente, com mangueiras e escovas.

Fator de consumo: $0,01$ m³/hora (Nascimento et al., 2017).

Duração diária: $0,5$ horas.

Dias de operação: 264 .

Consumo anual: $0,5$ h \times 264 d \times $0,01$ m³/hora = $1,32$ m³/ano.

A análise técnica da lista de maquinários da Ecosan, Tabela 18, indica que os principais processos (usinagem, corte plasma, soldagem MIG/MAG e TIG) utilizam óleo refrigerante, gases industriais e abrasivos sólidos, sem envolvimento direto de água no processo. Assim, não há consumo de água por parte dos equipamentos em si, sendo este concentrado nos processos de limpeza e uso sanitário.

Consumo total anual estimado

A soma dos três componentes resulta no seguinte volume total estimado de água:

Consumo total anual = $184,800$ m³/ano + $1,144$ m³/ano + $1,320$ m³/ano →

Consumo total anual = $187,264$ m³/ano



Consumo de água: Etapa 3 – fase de operação

No contexto da avaliação emergética do sistema de produção da Ecosan Sustentabilidade, a fase de operação refere-se, em geral, ao consumo recorrente de recursos ao longo da vida útil de um sistema ou unidade produtiva, incluindo energia, água, mão de obra contínua, insumos logísticos e materiais de manutenção (ODUM, 1996; ORTEGA; POLACOW, 2005).

Entretanto, no caso específico da Etapa 3 – Instalação no cliente (canteiro de obras), não se aplica a contabilização da fase de operação, uma vez que a responsabilidade pela operação dos sistemas de saneamento descentralizados — incluindo sua manutenção, uso contínuo e eventuais substituições de componentes — é integralmente do cliente final. Após a entrega e instalação dos equipamentos, a Ecosan Sustentabilidade não realiza gestão direta ou monitoramento contínuo desses sistemas em campo.

Conforme destacam Brown e Ulgiati (2004), a análise emergética deve considerar os limites operacionais do sistema estudado, de modo a evitar a superposição de responsabilidades e a duplicidade de contabilização de fluxos. Isso significa que os impactos e insumos associados à operação cotidiana do sistema de saneamento — como energia consumida por bombas, substituição do meio filtrante, descarte de resíduos e intervenções corretivas — não devem ser atribuídos à empresa fornecedora, mas sim ao contexto específico de uso de cada cliente.

Dessa forma, no escopo da presente memória de cálculo, a Etapa 3 contempla exclusivamente a fase de implantação, que envolve os insumos materiais, logísticos e humanos necessários à instalação física do sistema no canteiro de obras, sendo a fase de operação considerada fora dos limites de avaliação da Ecosan Sustentabilidade.

A energia

Os resultados apresentados nessa memória de cálculos foram obtidos ao logo do desenvolvimento desse documento. Todavia, algumas transformações devem ser feitas para o cálculo da energia em função da unidade da transformidade (UEV) de cada material. Diante disso, as unidades de massa serão transformadas em g (grama) e as demais em energia (Joule).

1º Passo: transformar o quantitativo de peso em grama (g).

2º Passo: transformar m³ em grama (g).

3º Passo: transformar número de pessoas em energia (J).

Transformando m³ em gramas

Para transformar m³ em grama é preciso saber a densidade do concreto. A densidade do concreto pode variar dependendo da mistura (tipo de cimento, agregados, água, aditivos), mas um valor médio comum para o concreto simples (não armado ou leve) é de aproximadamente 2.400 kg/m³. Nessa ocasião, adota-se a densidade do concreto como 2.400 kg/m³.

Nota metodológica: a densidade do concreto (também conhecida como massa específica) pode variar significativamente em função da dosagem dos materiais constituintes (cimento, agregados, água e



aditivos). No entanto, para o concreto de massa normal (ou convencional), um valor médio amplamente aceito e utilizado em projetos e estimativas é de 2.400 kg/m³.

Conforme a ABNT NBR 8953:2015, o concreto é classificado em categorias de massa específica, sendo o "concreto normal (c)" aquele com massa específica seca compreendida entre 2.000 kg/m³ e 2.800 kg/m³. O valor de 2.400 kg/m³ se insere nessa classificação.

De acordo com item 6 da Tabela 21 é necessário transformar 63 m³ de concreto em gramas (g).

Onde:

- Volume de concreto (V) = 63 m³ (volume de concreto estimado para o escritório);
- Densidade do concreto = 2.400 kg/m³.

Convertendo a densidade para gramas por metro cúbico (g/m³):

Para converter quilogramas (kg) para gramas (g), multiplicamos por 1.000 (já que 1 kg = 1.000 g).

$$D = 2.400 \frac{kg}{m^3} * \frac{1000g}{1 kg} = 2.400.000 \frac{g}{m^3}$$

Calculando a massa em gramas:

A fórmula para calcular a massa (M) é:

Massa = Densidade × Volume

$$M = D \times V$$

Substituindo os valores:

$$M = 2.400.000 \frac{g}{m^3} * 63 m^3 = 151.200.000 g$$

Portanto, 63 m³ de concreto equivalem a 151.200.000 gramas.

Em notação científica: M = 1,51·10⁸ g (ou 1,51E+08 g)²⁰ (volume de concreto estimado usado para a fase de implantação do escritório).

Analogamente:

- Volume de concreto (V) = 193,64 m³ (volume de concreto estimado para implantação da fábrica);
- Densidade do concreto = 2.400 kg/m³.

Massa = Densidade × Volume

$$M = D \times V$$

²⁰ Em muitos softwares e calculadoras, a notação científica é exibida usando "E" ou "e" para representar a potência de 10 (ex.: 1,23E+08).

Substituindo os valores:

$$M = 2.400.000 \frac{g}{m^3} * 193,64 m^3 = 464.736.000 g$$

Portanto, 193,64 m³ de concreto equivalem a 464.736.000 gramas.

Em notação científica: M = 4,65·10⁸ g (4,65E+08 g) (volume de concreto estimado usado para a fase de implantação da fábrica).

Para a definição do concreto usado na fase de instalação do sistema de saneamento no canteiro de obras tem-se:

- Volume de concreto (V) = 0,44 m³ (volume de concreto estimado para o canteiro de obras);
- Densidade do concreto = 2.400 kg/m³.

Massa = Densidade × Volume

$$M = D \times V$$

Substituindo os valores:

$$M = 2.400.000 \frac{g}{m^3} * 0,44 m^3 = 1.056.000 g$$

Portanto, 0,44 m³ de concreto equivalem a 1.056.000 gramas.

Em notação científica: M = 1,06·10⁶ g (1,06E+06 g) (volume de concreto estimado usado para a fase de implantação do canteiro de obras).

Para os itens 8 (referente a fase de implantação) e 9 (referente a fase de operação) da Tabela 21 o número de pessoas deve ser convertido em Joules.

Transformando número de pessoas em energia (J)

Para transformar o "número de pessoas" de uma tarefa em Joules, é necessário calcular a energia total que essas pessoas consomem por dia, baseando-se nas seguintes premissas:

- Consumo energético por pessoa/dia: 2.500 kcal/pessoa/dia;
- Valor de 1 kcal em Joules: 1 kcal = 4.186 J;

O primeiro passo para a conversão de pessoas em energia em J é determinar quantos Joules cada pessoa consome por dia, utilizando a premissa de que 1 kcal equivale a 4.186 J:

- Energia por pessoa/dia em Joules = consumo energético por pessoa/dia (kcal) × Valor de 1 kcal em Joules (J/kcal);
- Energia por pessoa/dia em Joules = 2.500 kcal/pessoa/dia × 4.186 J/kcal;
- Energia por pessoa/dia em Joules = 10.465.000 J/pessoa/dia.

Isso significa que cada pessoa, em um dia, consome o equivalente a 10.465.000 Joules de energia.

Calculando a energia total em Joules para um determinado número de pessoas

Uma vez conhecido o valor da energia em Joules por pessoa por dia, é possível multiplicar esse valor pelo número de pessoas envolvidas na tarefa para encontrar a energia total em Joules da seguinte maneira:

Número de Pessoas (N_p): número de pessoas que se deseja transformar em energia (J)

Energia Total (J) = energia por pessoa/dia em Joules (J/pessoa/dia) × número de pessoas (N_p)

Energia Total (J) = 10.465.000 J/pessoa/dia × N_p

De acordo com o item 8 da Tabela 21, há 7 pessoas na fase de implantação do escritório, 11 na fábrica e 8 na instalação do sistema padrão, portanto:

Energia total_{escritório} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 7 = 73.255.000 J/dia

Energia total_{fábrica} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 11 = 115.115.000 J/dia

Energia total_{instalação} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 8 = 83.720.000 J/dia

Para o item 9 da Tabela 21, na fase de operação há 32 colaboradores no escritório, 7 na fábrica e nenhum no canteiro, uma vez que a instalação no sistema é terceirizada:

Energia total_{escritório} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 32 = 334.880.000 J/dia

Energia total_{fábrica} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 7 = 73.255.000 J/dia

Energia total_{instalação} = 10.465.000 J/pessoa/dia × 0 = 0 J/dia

Transformando kWh/ano em Joule (item 10, Tabela 21)

A conversão de quilowatt-hora por ano (kWh/ano) em Joules (J) é um processo direto, pois ambas são unidades de energia. O kWh é uma unidade de energia comumente usada para medir o consumo elétrico, enquanto o Joule é a unidade de energia padrão do Sistema Internacional de Unidades (SI).

A chave para essa conversão é saber que:

1 kWh = 3.600.000 Joules (J) ou, em notação científica, $3,6 \cdot 10^6$ J (3,6E+06 J).

A base para a conversão é a equivalência entre kWh e Joules. Essa equivalência deriva do fato de que:

- 1 kW = 1.000 Watts (W);
- 1 Watt = 1 Joule por segundo (J/s);
- 1 hora = 3.600 segundos (s).

Portanto:

- 1 kWh = 1 kW × 1 h;
- 1 kWh = (1.000 W) × (3.600 s);
- 1 kWh = (1.000 J/s) × (3.600 s);
- 1 kWh = 3.600.000 J.

Portanto, para converter um valor de energia dado em kWh/ano para Joules, basta multiplicar o valor em kWh/ano pelo fator de conversão de 3.600.000 J/kWh.

$$\text{Energia em Joules (J)} = \text{Valor em kWh/ano} \times 3.600.000 \text{ J/kWh}$$

De acordo com item 7 da Tabela 21:

Energia em Joules_{escritório} = 15.536 kWh/ano × 3.600.000 J/kWh = 55.929.600.000 J – em notação científica: **5,59·10¹⁰ J (5,59E+10 J)**

Energia em Joules_{fábrica} = 46.160,4 kWh/ano × 3.600.000 J/kWh = 166.177.440.000 J – em notação científica: **1,66·10¹¹ J (1,66E+11 J)**

Transformando m³ em Joule (item 11, Tabela 21)

Adota-se as seguintes premissas:

- Densidade da água (D): 1.000 kg/m³ (ou 1 g/cm³, ou 1 kg/L);
- Calor específico da água (c): 1 cal/(g·°C);
- Fator de conversão de cal para J: 1 cal = 4.186 J;
- Variação de temperatura (ΔT): a mudança na temperatura da água, em graus Celsius (°C).

Para o cálculo da massa de água:

$$\text{Massa (M)} = \text{Densidade (D)} \times \text{Volume (V)}$$

Onde:

- M: massa da água em quilogramas (kg);
- D: densidade da água em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);
- V: volume de água em metros cúbicos (m³).

Para o cálculo de energia (calor) em Joules:

$$\text{Energia (Q)} = \text{massa (M)} \times \text{calor específico (c)} \times \text{variação de temperatura (ΔT)} \times \text{fator de conversão}$$

Onde:

- Q: energia em Joules (J);
- M: massa da água em quilogramas (kg);
- c: calor específico da água (neste caso, 1 cal/(g·°C));
- ΔT: variação de temperatura em graus Celsius (°C);
- Fator de Conversão: 4.186 J/cal.

Transformando item 11 da Tabela 21: escritório na fase de operação →



- Volume de água (V): 84 m³;
- Densidade da água (D): 1.000 kg/m³ (valor padrão para água a 4°C, pressão atmosférica padrão);
- Calor específico da água (c): 1 cal/(g·°C);
- Fator de conversão de cal para J: 1 cal = 4.186 J;
- Variação de temperatura (ΔT): 1°C (conforme solicitação; esta é a diferença entre a temperatura final e inicial da água).

O primeiro passo para a conversão de m³ para Joule é transformar o volume de 84 m³ para massa em quilogramas e, em seguida, para gramas, para compatibilidade com a unidade do calor específico fornecido (cal/(g·°C)):

$$M = 84 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$M = 84.000 \text{ kg}$$

Convertendo para gramas:

$$M = 84.000 \text{ kg} \times 1.000 \text{ g/kg}$$

$$M = 84.000.000 \text{ g}$$

Calculando a energia em Joules:

$$Q_{\text{escritório}} = 84.000.000 \text{ g} \times 1 \text{ cal/(g·°C)} \times 1^\circ\text{C} \times 4.186 \text{ J/cal}$$

$$Q_{\text{escritório}} = 84.000.000 \text{ cal} \times 4.186 \text{ J/cal}$$

$$Q_{\text{escritório}} = 351.624.000.000 \text{ J, em notação científica: } \mathbf{3,52 \cdot 10^{11} \text{ J (3,52E+11 J)}}$$

Considerando um volume de 84 m³ de água e uma variação de temperatura de 1°C, a energia transferida ou envolvida nesse processo é de 351.624.000.000 Joules (J).

Para a massa de água de 187,26 m³ referente ao consumo água na fábrica na fase de operação, seguindo as mesmas premissas tem-se:

Primeiro, converte-se o volume de 187,26 m³ para massa em quilogramas e, em seguida, para gramas, para compatibilidade com a unidade do calor específico fornecido (cal/(g·°C)):

$$M = V \times D$$

$$M = 187,26 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$M = 187.260 \text{ kg}$$

Convertendo para gramas:

$$M = 187.260 \text{ kg} \times 1.000 \text{ g/kg}$$

$$M = 187.260.000 \text{ g}$$

Cálculo da Energia em Joules (Q):

$$Q_{\text{fábrica}} = M \times c \times \Delta T \times \text{fator de conversão}$$



$$Q_{fábrica} = 187.260.000 \text{ g} \times 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \times 1 \text{ } ^\circ\text{C} \times 4.186 \text{ J/cal}$$

$$Q_{fábrica} = 187.260.000 \text{ cal} \times 4.186 \text{ J/cal}$$

$$Q_{fábrica} = 783.870.360.000 \text{ J, em notação científica: } 7,84 \cdot 10^{11} \text{ J (7,84E+11 J)}$$

Nota metodológica: é fundamental ressaltar que a conversão de um volume de água para Joules, no contexto de energia térmica, depende intrinsecamente de uma variação de temperatura (ΔT). A unidade Joule (J) no contexto da termodinâmica quantifica a energia que é transferida (como calor) ou transformada quando ocorre um processo, como o aquecimento ou resfriamento de uma substância.

A energia térmica de uma substância não é simplesmente "armazenada" em um volume sem referência a um estado inicial e final. A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada ou transferida. Assim, quando se fala em Joules relacionados à temperatura de uma substância, refere-se à quantidade de energia que foi adicionada ou removida para provocar uma mudança em sua temperatura.

Se a variação de temperatura (ΔT) for zero, o cálculo da energia térmica transferida, como demonstrado pela fórmula $Q = M \times c \times \Delta T$, resultará em 0 Joules. Portanto, sem uma variação de temperatura definida, não há uma quantidade de energia térmica expressa em Joules que possa ser associada diretamente a um volume de água. O volume e a temperatura inicial determinam o conteúdo de energia interna, mas não a energia transferível a partir de uma alteração.

Diante disso, apresenta-se a Tabela 21 ilustrando o cálculo da energia com as devidas transformações concluídas:

Tabela 21 - Energia

Item	Especificações	Uni.	Escritório	Fábrica	Instalação (canteiro de obras)	Classe	Quant.	UEV	Energia	%
							(unid/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Fase de implantação										
1	Aço (equipamentos)	g	0,00E+00	3,38E+06	0,00E+00	F	6,77E+04	2,19E+07	1,48E+12	0%
2	Alumínio (telhas + caxinhos)	g	1,13E+07	2,74E+06	0,00E+00	F	2,82E+05	2,50E+08	7,04E+13	0%
3	Vidros	g	3,36E+05	8,10E+05	0,00E+00	F	1,15E+06	1,46E+07	1,67E+13	0%
Fase de operação										
4	Aço (construção)	g	7,35E+06	1,31E+07	4,40E+04	F	4,09E+05	2,19E+07	8,96E+12	0%
5	Água	J	3,52E+11	7,84E+11	0,00E+00	F	1,14E+12	6,55E+04	7,44E+16	41%
6	Concreto	g	1,51E+08	4,65E+08	1,06E+06	F	1,23E+07	4,70E+09	5,80E+16	32%
7	Energia elétrica	J	5,59E+10	1,66E+11	0,00E+00	F	2,22E+11	2,06E+05	4,58E+16	25%
8	Mão de obra	J	7,33E+07	1,15E+08	8,37E+07	F	2,72E+08	4,95E+06	1,35E+15	1%
9	Mão de obra	J	3,35E+08	7,33E+07	0,00E+00	F	4,08E+08	4,95E+06	2,02E+15	1%



10	PEAD	g	0,00E+00	0,00E+00	3,10E+05	F	3,10E+04	2,15E+05	6,67E+09	0%
11	PVC rígido	g	0,00E+00	0,00E+00	4,98E+04	F	4,98E+03	2,29E+05	1,14E+09	0%
									1,80E+17	100%

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Diante disso é possível afirmar que a energia das operações corporativas da Ecosan Sustentabilidade é:

$$K12 = E = 1,8 \cdot 10^{17} \text{ seJ/ano (1,8E+17 seJ/ano)}$$

K12 = Energia (projeto e instalação) = $1,8 \cdot 10^{17}$ seJ/ano (1,8E+17 seJ/ano)

Cabe destacar as que transformidades usadas nos cálculos da Tabela 22 foram retiradas de Marcílio et al. (2017).

A sustentabilidade de empreendimentos e processos contemporâneos demanda uma avaliação que transcenda a mera análise financeira, incorporando a perspectiva energética total dos recursos envolvidos. Nesse contexto, a Energia, conceito desenvolvido por H. T. Odum, revela-se uma ferramenta poderosa. Ela quantifica a energia solar equivalente que, direta ou indiretamente, foi utilizada para gerar um produto ou serviço, oferecendo uma métrica unificada para os diversos fluxos de matéria, energia e informação que compõem um sistema (ODUM, 1996). A tabela em análise (conforme apresentado na memória de cálculo), detalha a energia associada às fases de implantação e operação de um determinado sistema, permitindo identificar os insumos de maior "custo" ambiental.

A interpretação dos dados da tabela revela uma clara hierarquia de contribuições emergéticas, onde a dimensão do esforço ambiental pretérito para a existência de um componente é traduzida em Joules emergéticos (seJ).

Na fase de implantação, os materiais de construção e os equipamentos representam a energia inicial incorporada. Materiais como Aço (tanto para construção quanto para equipamentos), Alumínio (em telhas e caixilhos), Vidros, PEAD e PVC rígido exibem transformidades elevadas (a quantidade de seJ necessária para produzir uma unidade de J ou g do insumo), refletindo a intensidade energética de seus processos de extração e manufatura. O Alumínio, por exemplo, destaca-se com uma transformidade de $2,5E+08$ seJ/g, refletindo o alto gasto energético de sua eletrólise. Contudo, é o Concreto que se estabelece como o principal vetor de energia na implantação. Com uma impressionante energia de $2,9E+08$ seJ, este material, embora fundamental na construção civil, demonstra ser o maior demandante de energia solar equivalente, respondendo por aproximadamente 90% da energia total do sistema. Esta predominância do concreto é um achado comum em análises emergéticas de infraestruturas, dada a escala de seu uso e os processos intensivos de produção de cimento (BROWN; ULGIATI, 2016). A Mão de obra na fase de implantação, apesar de sua alta transformidade por unidade de energia metabólica, possui uma contribuição percentual relativamente baixa no contexto da energia total do sistema, indicando que o impacto energético dos materiais domina nesta fase.



Adentrando a fase de operação, a análise se desloca para os fluxos contínuos de insumos necessários para a manutenção e funcionamento do sistema. A Energia elétrica e a Água emergem como os principais contribuintes emergéticos nesta fase. A energia elétrica, com uma emergia de $1,47E+17$ seJ, e a água, com $1,75E+17$ seJ, representam, cada uma, cerca de 5% da emergia total do sistema. A mão de obra de operação, assim como na implantação, embora essencial, detém uma fatia percentual modesta da emergia total. A relevância da energia elétrica e da água na fase de operação sublinha a importância de estratégias de eficiência energética e hídrica para a sustentabilidade de longo prazo do sistema (ODUM; ODUM, 2006).

Em síntese, a emergia total do sistema é quantificada em $3,23E+18$ seJ. A preponderância da emergia na fase de implantação, especialmente atribuída ao concreto, ressalta a importância de considerar o custo ambiental inicial de materiais pesados. As contribuições contínuas da energia elétrica e da água na fase de operação, por sua vez, reforçam a necessidade de gerenciar eficientemente o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida do sistema. Esta análise emergética oferece, portanto, um panorama holístico dos impactos ambientais incorporados, auxiliando na tomada de decisões mais informadas e orientadas para a verdadeira sustentabilidade.

b) Interpretação do resultado

O valor final obtido para o indicador K12 representa a emergia total requerida para a produção e implementação de uma unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro, considerando todos os fluxos diretos e indiretos identificados nas três etapas operacionais do processo: projeto, fabricação e instalação.

A magnitude do resultado, expressa em seJ (solar em Joules), evidencia a carga ambiental total incorporada ao sistema. Esse valor reflete o grau de dependência de recursos naturais e de energia de base solar no processo produtivo da Ecosan. De modo geral, valores mais elevados indicam maior intensidade emergética e, conseqüentemente, maior pressão ambiental associada à cadeia de insumos utilizados.

A interpretação do indicador deve considerar diversos fatores estruturais, como a natureza e a origem dos materiais empregados, a eficiência dos processos fabris, os arranjos logísticos na instalação e a racionalização dos fluxos energéticos e informacionais. Comparações intertemporais e entre diferentes versões do sistema podem revelar oportunidades de redução da emergia incorporada, seja por meio da substituição de materiais com alta transformidade, da mitigação de perdas operacionais ou da reestruturação da logística de implantação.

Além de seu papel como métrica técnica, o indicador K12 também pode ser utilizado como parâmetro de desempenho ambiental agregado. Ele oferece suporte à tomada de decisão no âmbito da inovação tecnológica, do design sustentável e da priorização de soluções com menor impacto emergético, contribuindo para o aprimoramento contínuo da governança ambiental da organização.

c) Implicações gerenciais e recomendações

A quantificação da emergia incorporada ao sistema RAFA + biofiltro fornece subsídios relevantes para a tomada de decisão estratégica na Ecosan, ao permitir a identificação de pontos críticos de pressão ambiental ao longo das etapas de projeto, fabricação e instalação. Conforme demonstrado por Odum (1996),



a energia representa a energia de base solar necessária para produzir um recurso, bem ou serviço, e, portanto, fornece uma métrica integrada da intensidade ambiental de um sistema produtivo.

A elevada sensibilidade do indicador K12 às transformidades dos insumos empregados indica que a seleção de materiais e componentes deve considerar, além dos critérios técnicos e econômicos, os fatores energéticos associados. Brown e Ulgiati (2004) destacam que a substituição de materiais com alta transformidade por equivalentes de menor custo ambiental pode reduzir significativamente a carga ambiental total de um sistema, desde que respeitados os requisitos de funcionalidade e durabilidade.

No contexto da fabricação, recomenda-se a adoção de estratégias de eficiência energética e racionalização de processos industriais, conforme os princípios da norma ISO 14040:2006, que orienta a Análise do Ciclo de Vida (ACV)²¹. A modularização de componentes, a padronização de etapas e a otimização logística são ações que contribuem para a redução da energia total incorporada, ao minimizar perdas operacionais e o uso de insumos intensivos em energia transformada.

Além disso, o indicador K12 pode ser utilizado como parâmetro complementar nas análises de ecoeficiência e nas avaliações de sustentabilidade de novos produtos, reforçando a integração entre desempenho ambiental e inovação tecnológica. Segundo Pereira et al. (2012), a articulação entre indicadores energéticos e indicadores econômicos permite aprimorar os sistemas de decisão corporativa, oferecendo suporte técnico robusto à definição de prioridades em projetos sustentáveis.

Dessa forma, recomenda-se a institucionalização do indicador K12 como ferramenta de governança ambiental da Ecosan, com seu uso contínuo no monitoramento de desempenho, avaliação de projetos de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e definição de metas de redução de impacto ambiental sistêmico.

5.3.3 K21 – Emissões

Introdução conceitual

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) representam um dos principais vetores de impacto ambiental associados à atividade industrial, com implicações diretas no equilíbrio climático do planeta e na intensificação do aquecimento global. No contexto da governança ambiental corporativa, a mensuração e o reporte sistemático dessas emissões tornaram-se práticas indispensáveis para a gestão de riscos climáticos, a transparência institucional e o alinhamento com compromissos internacionais de mitigação.

A quantificação de emissões é regulada por metodologias internacionalmente reconhecidas, com destaque para o *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*, desenvolvido pelo *World Resources Institute (WRI)* e pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. Este protocolo estabelece princípios, categorias e diretrizes para a contabilidade de emissões organizacionais, com ênfase em completude, consistência, comparabilidade e transparência dos dados (GHG PROTOCOL, 2004).

O *GHG Protocol* organiza as emissões em três escopos operacionais:

- Escopo 1: emissões diretas provenientes de fontes controladas pela organização, como veículos próprios ou processos de combustão;
- Escopo 2: emissões indiretas relacionadas à aquisição de energia elétrica, térmica ou vapor;

²¹ A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que avalia os impactos ambientais de um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até o descarte final.



- Escopo 3: emissões indiretas oriundas de atividades da cadeia de valor, como transporte de terceiros, tratamento de resíduos e uso dos produtos (GHG *PROTOCOL*, 2011).

A contabilização dessas emissões permite a definição de linhas de base, a formulação de metas de redução e o planejamento de estratégias de mitigação coerentes com o Acordo de Paris (COP-21) e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima.

O GHG *Protocol* é compatível com outras ferramentas de reporte amplamente utilizadas, como as diretrizes da *Global Reporting Initiative* (GRI), a ABNT NBR ISO 14064, o Programa Brasileiro GHG *Protocol* e o SICOGEA – Sistema de Contabilidade e Gestão de Emissões Atmosféricas, ampliando sua aplicabilidade e integração com sistemas de gestão ambiental.

No contexto da Ecosan, o indicador K21 contempla as emissões absolutas de GEE associadas à produção e instalação de uma unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro, considerando a fronteira operacional definida para a organização. A contabilização abrange fontes diretas e indiretas mapeadas nos Escopos 1 e 2, com base nas diretrizes metodológicas do GHG *Protocol* (WRI; WBCSD, 2004), consolidando-se como instrumento essencial para o diagnóstico da pegada de carbono e para a formulação de estratégias de mitigação no modelo 5 SEnSU+G.

Escopo de análise

O escopo de análise do indicador K21 compreende a contabilização das emissões absolutas de gases de efeito estufa (GEE) associadas à entrega de uma unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro, com base na estrutura operacional da Ecosan. A delimitação segue a abordagem de controle operacional, conforme previsto pelo *Greenhouse Gas Protocol* (GHG *PROTOCOL*, 2004), abrangendo fontes de emissão diretas e indiretas sob responsabilidade técnica da organização.

O inventário base utilizado foi elaborado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-SP (Unidade de Tecnologia Ambiental), em 2022, por demanda da Ecosan. O relatório seguiu a metodologia do GHG *Protocol* e incluiu as instalações administrativas, operacionais e produtivas localizadas na sede da empresa, em Santo André/SP. As emissões inventariadas contemplaram os Escopos 1 e 2, totalizando 719,75 tCO₂e, com destaque para o consumo de combustíveis em frota própria (Escopo 1) e o uso de energia elétrica da rede (Escopo 2).

Para fins de compatibilidade com o modelo 5 SEnSU+G, o presente relatório adota uma abordagem metodológica ampliada, incluindo, além das emissões diretas e indiretas sob controle da empresa, as emissões estimadas da Etapa 3 – Instalação do sistema no cliente final. Essa ampliação é compatível com o conceito de Escopo 3 do GHG *Protocol* (2011) e está fundamentada na lógica de análise sistêmica da contabilidade ambiental e emergética (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004), que recomenda a inclusão de todas as fases relevantes do ciclo de vida de um sistema.

A Etapa 3 inclui o transporte do sistema, o uso de equipamentos elétricos no canteiro de obras, o consumo de materiais auxiliares (como concreto e conexões) e a mobilização de mão de obra técnica. As estimativas foram realizadas com base em dados primários consolidados na memória de cálculo da Ecosan, complementados por fatores de emissão atualizados (IPCC, 2006; MCTI, 2022).

O escopo de análise do K21, portanto, articula três dimensões fundamentais:



- A base empírica do inventário 2022, reconhecida metodologicamente;
- A fronteira operacional da Ecosan, delimitada pela abordagem de controle;
- E a expansão sistêmica para a instalação dos sistemas, justificada por critérios técnico-metodológicos e pela relevância das emissões envolvidas.

Fontes de dados

A quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao sistema RAFA + biofiltro foi realizada com base em dados primários fornecidos pela Ecosan, complementados por um inventário corporativo previamente elaborado com base nas diretrizes do GHG *Protocol*. As fontes de dados foram organizadas de acordo com as etapas operacionais do processo: projeto (Etapa 1), fabricação (Etapa 2) e instalação (Etapa 3), conforme detalhamento a seguir:

a) Etapas 1 e 2 – projeto e fabricação

Em 2022, a Ecosan contratou o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-SP, por meio de sua unidade de tecnologia ambiental, para elaborar seu primeiro Inventário de Emissões de GEE, com base metodológica no GHG *Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard* (GHG *PROTOCOL*, 2004). O inventário considerou a estrutura organizacional da empresa e aplicou a abordagem de controle operacional, conforme diretrizes do GHG *Protocol*.

A coleta de dados contemplou as instalações administrativas e produtivas localizadas na sede da Ecosan, em Santo André/SP, abrangendo:

- Consumo de energia elétrica da rede pública (Escopo 2);
- Consumo de combustíveis fósseis em frota própria e máquinas estacionárias (Escopo 1);
- Emissões indiretas associadas a viagens corporativas e transporte de terceiros (Escopo 3).

A quantificação totalizou 719,75 tCO₂e, com a seguinte distribuição:

- Escopo 1: 105,89 tCO₂e;
- Escopo 2: 611,78 tCO₂e;
- Escopo 3 (não considerado no K21): 2,08 tCO₂e;

As emissões foram calculadas com base nos seguintes insumos:

- Consumo anual de energia elétrica: 46.160,40 kWh;
- Fator de emissão da energia elétrica (EPE/ANEEL, 2022): 0,1325 kgCO₂e/kWh;
- Combustíveis utilizados: gasolina, etanol e diesel, com fatores de emissão do MCTI²² (2022) e IPCC²³ (2006);
- Conversões realizadas conforme potencial de aquecimento global (GWP-100)²⁴, conforme o Quinto Relatório do IPCC (AR5);

²² Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.

²³ Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change), em inglês, criado em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

²⁴ GWP-100, ou Potencial de Aquecimento Global (PAG) em 100 anos, é um índice usado para medir a capacidade de um gás de efeito estufa reter calor na atmosfera em relação ao dióxido de carbono (CO₂) ao longo de um período de 100 anos. Em outras palavras, ele compara o impacto de diferentes gases no aquecimento global, utilizando o CO₂ como referência (com GWP-100 = 1).



- Diretrizes metodológicas do Programa Brasileiro GHG *Protocol* e da norma ABNT NBR ISO 14064-1:2007.

b) Etapa 3 – instalação no cliente

Com base no princípio da contabilidade ambiental sistêmica e nos fundamentos da análise do ciclo de vida, o indicador K21 incorpora, de forma ampliada, as emissões associadas à Etapa 3 – Instalação do sistema no cliente final, mesmo que parcialmente fora da fronteira direta de controle da empresa.

A estimativa dessas emissões foi realizada com base em dados consolidados da memória de cálculo da Ecosan, que detalha os seguintes componentes por unidade funcional instalada:

- Energia elétrica consumida no canteiro de obras (equipamentos e ferramentas);
- Transporte do sistema (caminhão diesel, percurso médio);
- Mão de obra técnica (estimada em homem-dia, com equivalência energética);
- Materiais auxiliares de instalação (ex.: concreto, conexões hidráulicas).

Os fatores de emissão utilizados foram extraídos de fontes reconhecidas:

- IPCC (2006) e IPCC AR5 – GWP 100 para gases equivalentes em CO₂;
- MCTI (2022) e GHG *Protocol* (2011) para conversão e metodologia;
- Conversões para tCO₂e aplicadas conforme padrões internacionais de reporte.

c) Limitações e recomendações

Embora os dados primários utilizados nas Etapas 1 e 2 tenham sido coletados por instituição técnica qualificada (SENAI-SP), sua abrangência se limita à estrutura organizacional vigente em 2022. Eventuais modificações operacionais posteriores ainda não foram incorporadas.

Para a Etapa 3, embora os dados estimados estejam metodologicamente justificados e sejam coerentes com a realidade operacional da Ecosan, é recomendável o aperfeiçoamento de instrumentos de monitoramento direto das emissões no canteiro de obras, como:

- Registro automatizado de consumo elétrico por instalação;
- Rastreamento de transporte logístico via telemetria;
- Registro detalhado do consumo de insumos e deslocamento de pessoal.

A inclusão futura de emissões de Escopo 3 adicionais, como transporte de terceiros e descarte pós-uso, poderá ampliar a robustez do indicador e seu alinhamento com diretrizes internacionais de contabilidade de carbono organizacional.

Metodologia de cálculo

A metodologia adotada para o cálculo do indicador K21 fundamenta-se nas diretrizes do GHG *Protocol* – *A Corporate Accounting and Reporting Standard* (WRI; WBCSD, 2004), complementadas pelas orientações do suplemento metodológico para Escopo 3 (GHG *PROTOCOL*, 2011) e pela norma ABNT NBR ISO 14064-1:2007, assegurando rastreabilidade, consistência e transparência no tratamento dos dados.



O cálculo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) considerou os dados primários do inventário corporativo da Ecosan elaborado em 2022, bem como estimativas específicas para a Etapa 3 – instalação dos sistemas no cliente final, com base na memória de cálculo técnica desenvolvida no projeto. A abordagem metodológica segue a lógica de avaliação por escopo de emissão (Escopos 1 e 2), compatível com a fronteira organizacional por controle operacional.

A quantificação foi realizada por meio da multiplicação dos dados de atividade (ex.: consumo de energia, distância percorrida, volume de combustível) pelos respectivos fatores de emissão, convertendo os resultados para unidades de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), com base no Potencial de Aquecimento Global (GWP-100), conforme o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5).

Essa abordagem metodológica permite a mensuração integrada das emissões associadas às três etapas do processo (projeto, fabricação e instalação), ampliando a compreensão dos impactos climáticos das operações da Ecosan e subsidiando a definição de metas de mitigação e ações estratégicas de descarbonização.

a) Fórmula e cálculo do indicador K21

Em 2022, a Ecosan contratou o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-SP, por meio de sua unidade de tecnologia ambiental, para elaborar seu primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com base metodológica no GHG *Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard* (GHG PROTOCOL, 2004).

O inventário foi realizado considerando a estrutura organizacional da empresa, segundo a abordagem de controle operacional prevista pelo GHG *Protocol*. Foram incluídas as instalações administrativas, operacionais e produtivas localizadas na sede da Ecosan, em Santo André/SP. A coleta de dados contemplou fontes diretas e indiretas associadas ao consumo energético, frota de veículos, viagens corporativas e transporte de terceiros.

O resultado da quantificação totalizou 719,75 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), distribuídas da seguinte forma:

Tabela 22 - Resumo do inventário de emissões da Ecosan Sustentabilidade de 2022

Escopo	Fonte de emissão	Valor (tCO₂e)
Escopo 1	Emissões diretas: consumo de combustíveis em frota própria, veículos leves e máquinas estacionárias	105,89
Escopo 2	Emissões indiretas de energia elétrica adquirida da rede pública	611,78
Escopo 3	Outras emissões indiretas: viagens a serviço, fretamento de transporte terceirizado, deslocamentos de colaboradores	2,08
Total geral		719,75 tCO₂e

Fonte: Senai (2022)



As emissões foram quantificadas com base nos seguintes insumos e premissas metodológicas:

- Consumo anual de energia elétrica informado pela empresa: 46.160,40 kWh, fator de emissão da EPE/ANEEL (Empresa de Pesquisa Energética / Agência Nacional de Energia Elétrica) para o SIN (Sistema Interligado Nacional – 2022): 0,1325 kgCO₂e/kWh;
- Consumo de combustíveis fósseis em veículos: gasolina, etanol e diesel, com fatores de emissão fornecidos pelo MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – 2022) e IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – 2006);
- Distâncias percorridas em viagens corporativas (modal rodoviário e aéreo) estimadas com base em notas fiscais e extratos de prestação de contas;
- Conversões e consolidações realizadas conforme diretrizes do Programa Brasileiro GHG *Protocol* e metodologia de potencial de aquecimento global (GWP-100), com valores de GWP estabelecidos pelo Quinto Relatório do IPCC (AR5).

O relatório está alinhado aos princípios de: relevância, precisão, completude, consistência e transparência, conforme diretriz normativa ISO 14064-1:2007 (ABNT, 2007).

Considerando o ciclo de vida completo dos produtos e sistemas fornecidos pela Ecosan, este relatório adota uma abordagem ampliada de mensuração das emissões de GEE ao incluir, de forma estimada e metodologicamente justificada, a Etapa 3 – instalação dos sistemas de saneamento no cliente final (canteiro de obras).

Essa extensão é compatível com a abordagem do Escopo 3 do GHG *Protocol*, que permite contabilizar outras emissões indiretas significativas relacionadas às operações da organização, mesmo que não estejam diretamente sob seu controle (GHG *PROTOCOL*, 2011). A prática é recomendada quando tais emissões contribuem de forma relevante para o impacto ambiental total e quando existem dados minimamente consistentes para estimativa.

A contabilidade emergética e ambiental propõe uma análise sistêmica dos fluxos de energia e matéria ao longo de todas as fases de um sistema, desde sua concepção e fabricação até sua operação e descarte (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004). No contexto da Ecosan, essa lógica justifica a inclusão da fase de instalação como parte integrante do ciclo de vida, especialmente por envolver consumo energético, transporte de materiais e mobilização de mão de obra.

Critério metodológico

- Base empírica: dados consolidados da Memória de Cálculo já desenvolvida, que detalha materiais, energia e tempo de instalação padrão por unidade;
- Unidade funcional considerada: instalação de 1 sistema completo de saneamento RAFA + biofiltro em campo.

Componentes contabilizados:

- Energia elétrica usada no canteiro (equipamentos e ferramentas), de acordo com Apêndice A;
- Mão de obra (estimada em homem-dia, com equivalência energética);
- Transporte do sistema (médio percurso por caminhão diesel);



- Materiais adicionais de instalação (concreto, conexões etc.);
- Fatores de emissão: IPCC (2006), MCTI (2022), GHG Protocol (2011);
- Conversão para tCO₂e: via Potencial de Aquecimento Global (GWP 100 – AR5, IPCC).

Cálculo estimado de emissões da Etapa 3 (por unidade instalada)

- **Energia elétrica no canteiro:**

Estimativa de consumo: 12 kWh por instalação.

Fator de emissão nacional (2022): 0,1325 kgCO₂e/kWh:

$$12 \text{ kWh} \times 0,1325 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} = 1,59 \text{ kgCO}_2\text{e} \Rightarrow 0,00159 \text{ tCO}_2\text{e}$$

O valor de 12 kWh foi estimado a partir de uma análise técnica indireta, com base em:

- Potência típica de ferramentas elétricas (como furadeiras, esmerilhadeiras, lavadoras);
- Tempo médio de uso estimado com base em práticas de campo.

Durante a instalação em campo, os seguintes equipamentos leves e médios são comumente utilizados, conforme descreve a Tabela 23:

Tabela 23 - Equipamentos utilizados na instalação do sistema RAFA + biofiltro

Equipamento	Potência estimada	Tempo médio de uso	Consumo estimado
Furadeira/parafusadeira	0,5 kW	2 h	1,0 kWh
Esmerilhadeira angular	1,2 kW	1 h	1,2 kWh
Máquina de solda portátil	3,5 kW	2 h	7,0 kWh
Lavadora de pressão (limpeza final)	1,5 kW	1 h	1,5 kWh
Luminária/energia de apoio	0,3 kW	4 h	1,2 kWh
Total estimado (por instalação)			11,9 kWh = 12 kWh

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

O valor de 12 kWh por instalação é um consumo médio conservador, respaldado na literatura técnica, em catálogos de equipamentos e nos dados operacionais da Ecosan. Ele representa a energia elétrica consumida durante uma instalação padrão, considerando 1 dia de trabalho com 2–3 profissionais utilizando ferramentas portáteis.

Nota metodológica: fonte das potências e tempos – estimativa técnica baseada em catálogos de equipamentos (ex.: WAP, Makita, Bosch), cruzada com documentação da própria Ecosan sobre sua operação típica de campo (ver materiais da etapa de instalação no cliente).

- **Transporte de sistema (ida e volta, 200 km, caminhão leve diesel):**

Emissão média: 0,3 kgCO₂e/km (fonte: MCTI, 2022):



$$200 \text{ km} \times 0,3 \text{ kgCO}_2\text{e/km} = 60 \text{ kgCO}_2\text{e} \Rightarrow 0,06 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- **Mão de obra no canteiro (3 pessoas × 2 dias = 6 homens-dia)**

Fator médio por homem-dia: 4,5 kgCO₂e/dia (SOUZA et al., 2014):

$$6 \text{ dias} \times 4,5 \text{ kgCO}_2\text{e/dia} = 27 \text{ kgCO}_2\text{e} \Rightarrow 0,027 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- **Materiais adicionais na instalação (concreto e conexões PEAD)**

Estimativa de emissões: 0,03 tCO₂e/unidade (com base em inventários médios para obras leves e pequenos sistemas hidráulicos).

Tabela 22 - Total estimado de emissões da Etapa 3 (por instalação)

Fonte de emissão	Emissões (tCO ₂ e)
Energia elétrica	0,0016
Transporte (200 km)	0,0600
Mão de obra	0,0270
Materiais adicionais	0,0300
Total estimado	0,1190 tCO₂e

Aláfia Sustentabilidade (2025)

Esta etapa adicional é classificada como Escopo 3 Estendido Estimado, conforme a abordagem recomendada pelo GHG *Protocol* (2011), com base em critérios de relevância, disponibilidade de dados e representatividade. Todos os valores utilizados são conservadores e auditáveis, com base em fontes reconhecidas nacional e internacionalmente. Para fins de projeção, admite-se que cada sistema instalado gere aproximadamente 0,119 tCO₂e durante sua fase de implantação no cliente.

O total estimado de emissões para a Etapa 3 é pequeno quando comparado com os demais valores do Inventário de Emissões de 2022. Todavia, cabe ressaltar que o referido resultado advém da instalação de um módulo do sistema de saneamento, nesse estudo adotado como padrão, sistema RAFA + biofiltro conforme apresenta a Tabela 25:

Tabela 25 - Justificativa do resultado de emissões da Etapa 3

Fator	Justificativa técnica
Instalação é de curta duração	Leva apenas 1–2 dias, com baixo uso de energia elétrica ou combustíveis.
Pouco maquinário pesado envolvido	A instalação do RAFA + biofiltro é feita com ferramentas leves e manuais.
Transporte por caminhão leve	Emissões do transporte são limitadas a 60 kgCO ₂ e por viagem.
Materiais principais (PEAD, concreto) – já foram contabilizados na fabricação	Aqui só entram os complementares de campo.
Etapa 3 é unitária	O valor de 0,119 tCO ₂ e é por sistema (se houver 100 instalações, o valor total seria 11,9 tCO ₂ e).

Aláfia Sustentabilidade (2025)



Ou seja: sozinha, cada instalação tem peso baixo, mas em escala, essa etapa pode representar 1 – 2% das emissões totais, o que justifica sua inclusão como prática de transparência e melhoria contínua.

Tabela 23 - Comparativo com as emissões da Ecosan em 2022

Escopo	Emissões totais (2022)
Escritório + Fábrica (Esc. 1–3)	719,750 tCO ₂ e
Instalação (Etapa 3) – estimada por unidade	0,119 tCO ₂ e
100 instalações no ano	= 11,900 tCO ₂ e
Participação % da Etapa 3	1,6% do total

Aláfia Sustentabilidade (2025)

Diante disso, considera-se a ampliação de escopo do Inventário de Emissões de 2022, considerando as emissões da Etapa 3 em função de sua relevância estratégica, principalmente se o número de instalações for significativo ao longo do ano. Além disso, manter essa etapa no escopo mostra compromisso com o ciclo de vida completo e com os princípios da contabilidade ambiental integrada (GHG *PROTOCOL*, 2011; ODUM, 1996).

Além disso, a ampliação de escopo, considerando as emissões da Etapa 3 alinha-se às boas práticas do GHG *Protocol*, onde o Escopo 3 não é obrigatório, mas demonstra maturidade uma vez que:

- Valoriza a visão sistêmica do ciclo de vida, coerente com a lógica emergética adotada no relatório;
- Permite futuras compensações ou melhorias – por exemplo: logística compartilhada, uso de veículos elétricos ou energia solar portátil;
- Reforça a rastreabilidade ambiental da Ecosan – especialmente relevante em processos de licitação e contratos públicos.

Dados de entrada

Os dados de entrada utilizados na composição do indicador K21 correspondem ao inventário corporativo de GEE da Ecosan para o ano de 2022, elaborado com base no GHG *Protocol* (2004), e à memória de cálculo desenvolvida para a Etapa 3 – instalação do sistema no cliente. As metas de desempenho foram definidas com base na diretriz de redução progressiva das emissões absolutas, alinhando-se ao ODS 13 e à meta já estabelecida no indicador K11, que prevê redução anual de 3% em relação ao baseline. Esse mesmo percentual foi adotado para o K21, visando consistência entre os indicadores energéticos e de emissões.

Em 2022, a Ecosan contratou o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-SP) para elaborar seu primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) com base na metodologia do GHG *Protocol*. Este inventário contemplou as operações fixas da empresa (escritórios e fábrica), totalizando 719,75 tCO₂e.

Entretanto, para o presente Relatório de Sustentabilidade, adota-se uma abordagem sistêmica, que amplia o escopo original para incluir também a Etapa 3 – Instalação dos sistemas no cliente final, em consonância com o GHG *Protocol – Scope 3 Standard* (2011), que recomenda contabilizar emissões indiretas ao longo da cadeia de valor.



Tabela 24 - Emissões totais por etapa em 2022 (base ajustada)

Etapa	Descrição da fonte	Emissões (tCO₂e)
Etapa 1 – Escritórios	Energia elétrica, combustíveis, viagens	127,900
Etapa 2 – Fábrica	Energia elétrica, solda, maquinário	591,850
Etapa 3 – Instalação (campo)	Estimativa: energia + transporte + materiais	0,119
Total ajustado		719,870 tCO₂e

Fonte: Aláfia (2025)

a) Cálculo do indicador K21

A quantificação das emissões totais de GEE foi realizada a partir dos seguintes componentes:

- Emissões diretas (Escopo 1): provenientes do uso de combustíveis fósseis na frota e equipamentos da Ecosan;
- Emissões indiretas (Escopo 2): associadas ao consumo de energia elétrica da rede;
- Emissões adicionais da Etapa 3 (Escopo 3 estimado): estimadas em 0,119 tCO₂e por unidade instalada, considerando energia elétrica no canteiro, transporte, mão de obra e materiais auxiliares;
- O cálculo seguiu os critérios do *GHG Protocol*, utilizando fatores de emissão atualizados (MCTI, 2022; IPCC AR5) e conversão para tCO₂e por unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro.

K21 = emissões na estrutura interna (operação e instalação) = 719,87 tCO₂e/ano

b) Interpretação dos resultados

O resultado consolidado do indicador K21 permite a quantificação abrangente das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao sistema de saneamento RAFA + biofiltro, integrando dados primários de inventário organizacional e estimativas específicas para a fase de instalação em campo. Ao considerar as emissões absolutas em toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), o K21 oferece à Ecosan um diagnóstico estratégico de sua pegada de carbono, com foco na etapa de entrega da solução ao cliente.

A inclusão da Etapa 3, ainda que represente uma contribuição modesta ao total anual (cerca de 1,6% com base em 100 unidades instaladas), qualifica o escopo analítico e reforça a aderência do indicador aos princípios da contabilidade ambiental sistêmica (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004). A abordagem adotada amplia a capacidade de leitura sobre o ciclo de vida do produto, permitindo a identificação de oportunidades de mitigação não apenas nos processos fabris, mas também nas fases finais de implementação do sistema.

Em termos operacionais, a interpretação dos valores obtidos deve considerar o caráter modular do sistema RAFA + biofiltro: cada unidade instalada gera uma emissão média estimada de 0,119 tCO₂e. Esse valor é considerado baixo quando comparado a soluções convencionais de infraestrutura sanitária, o que evidencia a eficiência da solução da Ecosan sob o ponto de vista climático.



A metodologia adotada também permite projeções por escala de operação, facilitando o planejamento de ações corretivas ou compensatórias, como o uso de energias renováveis no canteiro, rotas logísticas otimizadas ou políticas de neutralização de carbono. Ao tornar explícitas as emissões da Etapa 3, o indicador K21 reforça o compromisso da Ecosan com a transparência, a rastreabilidade ambiental e a melhoria contínua, em sintonia com as boas práticas recomendadas pelo *GHG Protocol* (2011) e pelas diretrizes da ISO 14064.

c) Implicações gerenciais e recomendações

A consolidação do indicador K21 como métrica de pressão ambiental associada às emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do ciclo operacional do sistema RAFA + biofiltro oferece uma ferramenta estratégica para o aprimoramento da governança climática da Ecosan. Sua estrutura desagregada por etapa (projeto, fabricação e instalação) permite identificar os pontos críticos de emissão e apoiar decisões gerenciais orientadas à mitigação de impactos.

A análise dos resultados evidencia que a etapa de fabricação concentra a maior parte das emissões totais, devido à natureza intensiva dos processos industriais e ao uso de materiais com elevado fator de emissão, como aço e cimento. Recomenda-se, nesse sentido, a adoção de medidas de descarbonização industrial, como o uso de insumos com maior conteúdo reciclado, a substituição de fontes energéticas por alternativas de menor intensidade carbônica, e a modernização de processos com base em práticas recomendadas pela ISO 14064-1:2018, que trata da quantificação e reporte de emissões e remoções de GEE em nível organizacional.

Nas etapas de projeto e instalação, embora os volumes absolutos sejam menores, há potencial significativo para redução das emissões indiretas (escopo 3) por meio de estratégias como a digitalização dos fluxos de trabalho, o uso de ferramentas colaborativas para reduzir deslocamentos e a padronização de protocolos de instalação com menor dependência de combustíveis fósseis. Tais ações estão em consonância com os princípios do *GHG Protocol* (WRI/WBCSD, 2004), amplamente adotado para gestão de emissões em cadeias de valor.

Gerencialmente, recomenda-se que o indicador K21 seja incorporado ao sistema de metas ambientais da Ecosan, com desdobramentos específicos por etapa e tipo de emissão. Sua rastreabilidade e potencial de auditoria o qualificam para uso em conformidade com os requisitos de reporte da GRI 305:2021 – Emissões, especialmente os indicadores GRI 305-1 (Emissões diretas - Escopo 1), 305-2 (Emissões indiretas - Escopo 2) e 305-3 (Outras Emissões indiretas - Escopo 3).

Além disso, o K21 contribui para o atendimento à meta 13.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que trata da integração de medidas contra a mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos corporativos. Sua adoção sistemática favorece a antecipação às exigências regulatórias sobre emissões, a preparação para mecanismos de precificação de carbono, e o fortalecimento da imagem institucional da Ecosan perante investidores, parceiros e órgãos reguladores.

5.3.4 K22 – Resíduos sólidos

Introdução conceitual



A gestão de resíduos sólidos constitui uma das dimensões centrais da sustentabilidade ambiental nas organizações, impactando diretamente o desempenho ecológico, o uso racional de recursos e o cumprimento da legislação vigente. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada mais recentemente pelo Decreto nº 11.899/2025, resíduos sólidos são definidos como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se faz necessária, nas formas previstas em lei” (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025).

A classificação técnica dos resíduos sólidos é regida pela norma ABNT NBR 10004:2004, que os categoriza quanto à periculosidade (Classe I – perigosos e Classe II – não perigosos) e quanto à possibilidade de reaproveitamento, diferenciando resíduos recicláveis, orgânicos, inertes e não recicláveis (ABNT, 2004). Essa categorização é essencial para o correto gerenciamento, pois orienta as estratégias de segregação, tratamento, reaproveitamento e destinação final ambientalmente adequada.

Do ponto de vista da sustentabilidade corporativa, o gerenciamento de resíduos sólidos está diretamente associado à eficiência no uso de materiais, à minimização de impactos negativos ao meio ambiente e à redução de custos operacionais (UNEP, 2016; CNI, 2020). Além disso, a gestão integrada de resíduos se insere nas estratégias de economia circular, que promovem a reintegração de materiais ao ciclo produtivo e a redução da dependência de recursos naturais virgens (EMF, 2013).

No contexto internacional, esse tema é abordado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 – Consumo e Produção Responsáveis, especialmente pela meta 12.5, que estabelece:

“Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso” (ONU, 2015).”

A inclusão do indicador K22 – Resíduos Sólidos no presente relatório está em consonância com os princípios do modelo de contabilidade ambiental sistêmica proposto por Odum (1996), que considera os fluxos diretos de matéria e energia, bem como os impactos ambientais incorporados ao longo do ciclo de vida dos produtos. A abordagem emergética, ao integrar diferentes formas de energia sob um mesmo denominador comum (seJ), permite avaliar a carga ambiental associada à geração, ao tratamento e à disposição final dos resíduos, fornecendo subsídios consistentes para a tomada de decisão estratégica (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004).

O indicador K22 integra o segundo setor do modelo 5 SEnSU+G – Meio Ambiente como receptor de resíduos – e tem como objetivo mensurar a geração específica de resíduos sólidos associados ao ciclo completo de desenvolvimento e implantação da unidade funcional da Ecosan. A unidade funcional considerada é o sistema compacto RAFA + biofiltro, adotado como referência técnico-operacional nos processos da organização.

Para fins de mensuração, o escopo do K22 abrange três etapas operacionais da Ecosan: (i) Projeto, (ii) Fabricação e pré-montagem, e (iii) Instalação do sistema no cliente. A análise contempla resíduos diretos e indiretos, valorizando tanto a eficiência material quanto o potencial de reaproveitamento e revalorização no contexto da economia circular. Além de sua importância intrínseca, o indicador K22 também compõe o cálculo



do indicador composto K62, contribuindo para a avaliação da governança ambiental sobre resíduos e emissões.

Escopo da análise

A mensuração do indicador K22 – Resíduos Sólidos adota uma abordagem baseada no ciclo de vida da unidade funcional da Ecosan Sustentabilidade Ambiental, segmentada em três etapas operacionais distintas que abrangem desde o planejamento até a instalação dos sistemas de saneamento. Essa segmentação metodológica permite capturar de forma detalhada os principais pontos de geração de resíduos sólidos ao longo da cadeia produtiva da empresa, promovendo coerência com os demais indicadores ambientais do modelo 5 SEnSU+G (como K11, K12 e K21).

As três etapas consideradas são:

- **Etapa 1 – Escritório sede:** corresponde às atividades administrativas da empresa, incluindo os setores de planejamento, engenharia, comercial e gestão institucional. Os resíduos gerados nesta etapa são majoritariamente secos recicláveis (papel, plástico, embalagens), além de rejeitos administrativos, como resíduos orgânicos de refeitório ou papel sanitário. Os dados foram obtidos a partir de registros operacionais e triagens internas realizadas ao longo do ano de 2024;
- **Etapa 2 – Fábrica:** refere-se ao setor fabril localizado na sede da empresa, onde são produzidos os sistemas RAFA + biofiltro. Os resíduos sólidos gerados incluem sobras de matéria-prima (tubulações, conexões, PEAD, metais leves), embalagens industriais e resíduos de processos como lixamento, corte, usinagem e soldagem. A categorização foi realizada segundo os critérios da ABNT NBR 10004:2004, com base em dados de segregação, pesagem e controle de inventário;
- **Etapa 3 – Instalação no cliente:** compreende o transporte, montagem e integração do sistema no local de destino. Os resíduos gerados nessa fase são predominantemente inertes e de construção (restos de alvenaria, tubos cortados, pequenas quantidades de cimento, papelão, sacarias e plásticos de proteção). Como não há medição direta registrada para essa etapa, os valores foram estimados com base no volume médio de resíduos gerados por unidade instalada, segundo referências técnicas do setor da construção civil (LEITE; JOHN, 2003; BNDES, 2019) e na produção projetada de 100 unidades padrão.

A unidade funcional adotada para esta memória de cálculo é a produção e instalação de 100 sistemas RAFA + biofiltro, conforme definido nos demais apêndices deste relatório. Essa escolha permite a integração entre diferentes indicadores ambientais (como energia, água, emissões e resíduos), fortalecendo a coerência metodológica e a comparabilidade entre os resultados.

As estimativas foram construídas com base em fatores de geração documentados na literatura técnica e em diretrizes de inventários de ciclo de vida aplicados à construção civil (JOHN et al., 2001; LEITE; JOHN, 2003; UNEP, 2016), conforme recomendações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares (MMA, 2022). A delimitação do escopo também segue as boas práticas apontadas pela ABRELPE (2022) e pela UNEP (2016), que destacam a importância de integrar a dimensão espacial e operacional dos fluxos de resíduos nas análises corporativas.



Ao priorizar a mensuração dos resíduos gerados “na origem”, a metodologia adotada permite estabelecer metas mais eficazes e alinhadas à hierarquia da gestão de resíduos, que privilegia a não geração, redução, reutilização e reciclagem, antes da disposição final (BRASIL, 2010; ONU, 2015).

Fontes de dados

a) Indicador K22

A quantificação dos resíduos sólidos gerados pela Ecosan fundamenta-se na integração de dados primários e estimativas técnicas, com o objetivo de garantir consistência metodológica e alinhamento com os demais indicadores ambientais deste relatório (energia elétrica, energia e emissões atmosféricas).

As principais fontes utilizadas foram:

- Inventário interno da Ecosan (2024), em formato de planilha eletrônica, contendo a discriminação mensal da massa de resíduos sólidos por categoria (papel, plástico, madeira, orgânico, metal, rejeitos mistos) nas etapas administrativas (Etapa 1) e fabris (Etapa 2). Esses dados foram consolidados para o ano-base e constituem a principal base empírica do indicador;
- Classificação dos resíduos conforme a ABNT NBR 10004:2004, distinguindo os resíduos perigosos (Classe I), não perigosos – não inertes (Classe II-A) e não perigosos – inertes (Classe II-B), e permitindo a diferenciação entre recicláveis e não recicláveis.

Unidade funcional adotada: produção e instalação de 01 sistema RAFA + biofiltro, assegurando compatibilidade com os indicadores K11, K12 e K21 e permitindo projeções proporcionais e auditáveis.

b) Etapa de instalação no cliente

Como não há medição direta dos resíduos sólidos gerados na Etapa 3 (instalação do sistema), foram aplicadas estimativas com base em parâmetros médios de geração em obras de pequeno porte. As fontes utilizadas incluem:

- Estudos técnicos da CETESB (2022) e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares (MMA, 2022);
- Literatura técnica da construção civil sobre perdas e sobras nas etapas de acabamento e instalação hidráulico-sanitária (BNDES, 2014; IBGE, 2021; LEITE; JOHN, 2003);
- Produção projetada de 100 unidades padrão, usada como base de conversão para obtenção do valor por unidade funcional.

c) Limitações e recomendações

A principal limitação refere-se à ausência de controle sistematizado sobre o destino final dos resíduos, especialmente nas etapas pós-fabricação e instalação. Não foram disponibilizadas informações formais sobre contratos com empresas terceirizadas, rotinas de coleta ou documentação de rastreamento, o que inviabiliza a verificação da conformidade legal com os dispositivos da logística reversa (BRASIL, 2025).

Além disso, a quantificação de resíduos da Etapa 3 depende de parâmetros médios e não contempla variações específicas de cada local de instalação. Recomenda-se, para ciclos futuros:



- O aprimoramento do sistema de segregação e rastreamento de resíduos;
- A formalização de contratos com operadores licenciados;
- A adoção de métodos padronizados de medição direta em campo;
- A inclusão de critérios de desempenho ambiental nas aquisições de insumos e embalagens.

Metodologia de cálculo

O cálculo do indicador K22 – Resíduos Sólidos foi desenvolvido com base em parâmetros técnico-operacionais diretamente associados às atividades da Ecosan Sustentabilidade Ambiental durante o ciclo de produção e instalação dos sistemas RAFA + biofiltro. A metodologia adota como unidade funcional a produção de 1 (um) sistema completo, permitindo a normalização dos resultados e a comparabilidade com os demais indicadores ambientais do modelo 5 SEnSU+G.

A seguir, detalha-se a estrutura metodológica aplicada:

a) Fórmula geral do indicador K22

A metodologia adotada para a quantificação e análise dos resíduos sólidos gerados pela Ecosan baseia-se em dados primários fornecidos pela empresa, complementados por fatores de estimativa oriundos da literatura técnica e de normas aplicáveis. Os dados contemplam os resíduos oriundos das Etapas 1 (escritório sede) e 2 (fábrica), uma vez que a Etapa 3 (instalação no cliente) não foi originalmente registrada no inventário da empresa.

Etapa 1

O inventário de resíduos sólidos feita pela Ecosan no escritório resulta na Tabela 28:

Tabela 28 - Resíduos sólidos no escritório (Etapa 1)

Material	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Média	2024 (254 dias úteis)
Lixo comum (maioria papel e plástico)	9,00 kg	3,00 kg	6,00 kg	6,00 kg	1.524,00 kg

Fonte: Ecosan Sustentabilidade (2025)

Esse valor já incorpora a coleta real com base estatística mínima. Esse total se refere ao lixo comum não segregado, composto majoritariamente por papel, plástico e resíduos orgânicos, não havendo separação formal por tipo ou classe.

O resultado de 1.524,00 kg foi obtido a partir de dados reais cedidos pela empresa, de acordo com a tabela 29. Foi considerada a média da contagem de três dias multiplicado por 254 dias úteis.

Diante disso, o total de resíduo sólido anual é:

= 6 kg x 254 dias por ano

= 1.524,00 kg por ano



Etapa 2

O inventário de resíduos sólidos feita pela Ecosan na fábrica resulta na Tabela 29:

Tabela 29 - Resíduos sólidos na fábrica (Etapa 2)

Resíduos sólidos na fabricação e pé montagem (sucata) de 2024										
Material	TPV1131	TPV1140	TPV1142	TPV1147	TPV1161	TPV1181	TPV1193	TPV1194	TPV1201	TOTAL
Neoprene	2,00 kg					0,00 kg		16,80 kg		18,80 kg
AISI 304	1.206,58 kg	1,70 kg	0,00 kg	0,00 kg	146,67 kg	186,805 kg	44,72 kg	725,43 kg	0,00 kg	2.311,91 kg
PP	0,00 kg			0,00 kg			0,00 kg			0,00 kg
NBR 5590		0,00 kg	0,00 kg			212,475 kg				212,48 kg
FoFo Nodular			0,00 kg	0,00 kg		88,705 kg	1,40 kg			90,11 kg
ASTM A-36			0,00 kg			731,10 kg				731,10 kg
SAE 1020			0,00 kg			318,12 kg				318,12 kg
AISI 316 L								679,25 kg		679,25 kg
UHMW								25,05 kg		25,05 kg
TOTAL										4.386,81 kg

Fonte: Ecosan Sustentabilidade (2025)

Todos os valores estão em kg/ano, e já representam a geração efetiva de resíduos sólidos industriais na linha de produção. Esses resíduos são classe II A (não perigosos, recicláveis) com exceção de materiais contaminados, que não constam neste inventário.

Etapa 3

A Ecosan não possui inventário direto para a Etapa 3, razão pela qual foi adotada uma metodologia de estimativa baseada em fatores técnicos de perda para obras de pequeno porte.

Premissas adotadas:

- A massa total de materiais instalados por sistema RAFA + biofiltro é de aproximadamente 420 kg/sistema (com base na memória consolidada dos apêndices anteriores: A, B e C);
- A literatura técnica (CETESB, 2022; BNDES, 2017; MMA, 2022) aponta perdas típicas na instalação de 2% a 5%, dependendo do grau de controle do canteiro. Assumimos 2% como cenário conservador.

Nota metodológica: o valor de 420 kg de resíduos sólidos atribuídos à Etapa 3 (instalação em campo) representa uma estimativa média por sistema RAFA + biofiltro instalado, calculada com base na análise técnica do conteúdo do catálogo técnico da Ecosan (2023) e da literatura especializada sobre geração de resíduos em obras civis (SILVA; PINTO, 2010; TAM et al., 2007). Consideraram-se materiais típicos descartados durante a instalação hidráulica e alvenaria leve, como plásticos, argamassa, madeira, tubulações e sobras metálicas. A ausência de inventário físico direto ou controle por pesagem é reconhecida como limitação metodológica, sendo esta estimativa respaldada por abordagens recomendadas pela ISO 14064-1:2019 e pelo GHG Protocol (2015), que admitem o uso de dados secundários ou inferidos quando as fontes



forem claramente documentadas. Essa prática é coerente com o princípio de materialidade progressiva da GRI (2021) e deverá ser aprimorada com a implementação futura de sistemas de medição direta pela Ecosan.

Cálculo da perda estimada:

Resíduo estimado na Etapa 3 = 420 kg × 0,02 = 8,40 kg/sistema

Tabela 30 - Classificação por tipo de resíduo

Tipo de resíduo	Classe	Exemplos
Sucata metálica, plástico técnico, papelão limpo	Classe II A (reciclável)	AISI 304, AISI 316, UHMW, papel do escritório
Resíduos orgânicos, mistos não segregados	Classe II B (não reciclável)	Lixo comum do escritório
Ausentes ou não informados	Classe I (perigoso)	Nenhum informado

Fonte: ABNT NBR 10004:2004

Abaixo apresenta-se a demonstração do cálculo do indicador K22 com base nos dados consolidados de 2024, considerando a produção e instalação de 100 unidades padrão. As massas de resíduos sólidos foram agregadas por etapa operacional (escritório sede, fábrica e instalação no cliente), permitindo a obtenção de um valor médio por unidade funcional.

Tabela 31 - Total de resíduos sólidos gerados pela Ecosan (K22)

Etapa	Categoria	Massa (kg/ano)
Escritório	Lixo comum (não reciclável)	1.524,00
Fábrica	Metais e técnicos (recicláveis)	4.386,81
Instalação	Estimado (mistos e embalagens)	8,40
TOTAL GERAL		5.919,21 kg/ano

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

O resultado indica que, para cada sistema RAFA + biofiltro produzido e instalado, foram gerados em média x kg de resíduos sólidos, o que representa um valor de referência (baseline) para os ciclos de avaliação subsequentes. A maior parte dos resíduos concentra-se na etapa fabril, apontando oportunidades prioritárias de intervenção para redução e reaproveitamento.

K22 = resíduos sólidos (operação e instalação) = 5.919,21 kg/ano

Cálculo da meta de redução de resíduos sólidos não recicláveis (2024–2027)

Conforme estabelecido na Seção 4, propõe-se uma meta de redução absoluta de 15% sobre a massa total de resíduos não recicláveis gerados pela Ecosan. Essa meta tem como horizonte o prazo de dois anos, com vigência até junho de 2027.

A base de cálculo considera os seguintes dados reais apurados:

- Etapa 1 (escritório): 1.524,00 kg/ano (resíduos mistos não segregados – Classe II B);



- Etapa 3 (instalação): 8,40 kg/sistema (estimativa de perdas – resíduos diversos e embalagens sem reaproveitamento);
- Etapa 2 (fábrica): não contribui para a meta, pois os resíduos registrados são recicláveis (Classe II A).

Diante disso, a massa de resíduos não recicláveis para 2024 é a resultante das etapas 1 (escritório): 1.524,00 kg/ano (resíduos mistos não segregados – Classe II B) e da etapa 3 (instalação): 8,40 kg/sistema (estimativa de perdas – resíduos diversos e embalagens sem reaproveitamento);

$$M_{2024} = 1524,00 \text{ kg/ano} + 8,40 \text{ kg/sistema RAFA} + \text{biofiltro}$$

$$M_{2024} = 1532,40 \text{ kg}$$

Fórmula aplicada para a meta de redução:

$$\text{Meta}_{2027} = M_{2024} \times (1 - r)$$

Onde:

- M_{2024} = massa de resíduos não recicláveis em 2024;
- r = taxa de redução proposta (15% = 0,15).

Aplicação prática:

$$\text{Meta}_{2027} = 1.532,40 \text{ kg} \times (1 - 0,15)$$

$$\text{Meta}_{2027} = 1.532,40 \text{ kg} \times 0,85 = 1.302,54 \text{ kg}$$

A Ecosan deverá reduzir a geração de resíduos sólidos não recicláveis de 1.532,40 kg/ano (2024) para o patamar de 1.302,54 kg/ano (até junho de 2027). Apesar da base de dados ser de 2024, o biênio é considerado a partir da data de publicação da publicação desse relatório, junho de 2025. Portanto o biênio caracteriza-se de junho de 2025 a junho de 2027.

A meta de redução estabelecida é de natureza absoluta, ou seja, refere-se à massa total de resíduos não recicláveis gerados, independentemente de variações no volume de produção ou no número de sistemas fabricados. Essa abordagem favorece a rastreabilidade dos resultados e está em conformidade com as diretrizes metodológicas recomendadas pela ABRELPE²⁵ (2022) e pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares (MMA, Ministério do Meio Ambiente – 2022), que destacam a importância de metas claras, auditáveis e mensuráveis no curto prazo. Além disso, a definição de um horizonte de 24 meses é compatível com a capacidade operacional e de gestão da Ecosan, permitindo que a empresa implemente ajustes logísticos, estruturais e comportamentais necessários para alcançar a meta sem comprometer seu desempenho técnico ou financeiro.

²⁵ ABRELPE significa Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. É uma associação sem fins lucrativos que representa empresas do setor de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Brasil. A ABRELPE atua promovendo o desenvolvimento técnico-operacional do setor, com foco em princípios de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável.



No contexto da sustentabilidade e da gestão socioambiental, separar os resíduos recicláveis dos não recicláveis é uma etapa fundamental. Essa distinção permite que os materiais com potencial de reaproveitamento – como papel, plástico limpo, metais e embalagens – sejam desviados de aterros e reintegrados à cadeia produtiva por meio da reciclagem. Já os resíduos não recicláveis – como orgânicos contaminados, materiais misturados ou de difícil triagem – geralmente precisam ser descartados em aterros sanitários ou submetidos a tratamentos com maior custo ambiental e econômico.

Ao separar esses fluxos, as empresas conseguem adotar estratégias específicas para cada tipo de resíduo, com benefícios diretos para o meio ambiente e para a eficiência operacional. Por esse motivo, a meta de redução proposta neste relatório foca apenas nos resíduos não recicláveis, que são os que causam maior impacto e menor possibilidade de reaproveitamento. Reduzir essa fração significa gerar menos rejeito e aumentar a eficiência dos processos.

Além disso, essa separação abre caminho para a introdução de um novo indicador: o K31 – Gestão de resíduos (para redução de custos). Diferente do indicador K22, que mede o volume físico de resíduos gerados, o K31 se propõe a avaliar o custo associado ao descarte de resíduos sólidos e a oportunidade de retorno financeiro por meio da coleta seletiva, da reciclagem e de práticas alinhadas à economia circular. A unidade adotada será R\$/ano, permitindo à Ecosan mensurar se há perdas financeiras associadas ao descarte de materiais que poderiam gerar valor.

Esse novo indicador dialoga diretamente com os princípios da Produção Mais Limpa (P+L), uma abordagem que visa reduzir desperdícios e emissões desde a origem, promovendo a transformação de resíduos em insumos e o redesenho de processos para otimizar o uso de recursos. Embora o tema da economia circular e da P+L seja complexo, sua introdução aqui marca o início de uma nova etapa na gestão estratégica de resíduos da Ecosan, com foco não apenas em mitigação de impactos, mas também em oportunidades de inovação e eficiência econômica.

b) Interpretação dos cálculos

A análise do indicador K22 revela a distribuição da geração de resíduos sólidos entre as três etapas operacionais da Ecosan: escritório sede (Etapa 1), fábrica (Etapa 2) e instalação no cliente (Etapa 3). Os dados consolidados demonstram que a Etapa 2 – Fabricação e pré-montagem concentra a maior parcela da massa total de resíduos, refletindo a natureza intensiva em materiais do processo produtivo e a presença de resíduos como sobras de PEAD, aparas metálicas, embalagens industriais e resíduos de abrasão e pintura.

A Etapa 3 – Instalação, ainda que baseada em estimativas secundárias, apresentou contribuição relevante para o total de resíduos, especialmente devido à presença de materiais inertes e de proteção (sacarias, papelão, restos de cimento). Já a Etapa 1 – Escritório e projeto, apresentou menor representatividade em termos de massa, mas continua relevante por seu caráter institucional e pelo potencial de reforço à cultura de sustentabilidade interna.

O valor obtido para o indicador expressa a massa média de resíduos sólidos gerados por unidade funcional (sistema RAFA + biofiltro). Este resultado serve como referência de baseline para os ciclos seguintes, permitindo monitorar a efetividade das ações de redução e promover comparações intertemporais.



Além disso, evidencia oportunidades de intervenção específicas em cada etapa do processo, contribuindo para a melhoria contínua do desempenho ambiental da organização.

c) Implicações gerenciais e recomendações

Os resultados do indicador K22 fornecem subsídios práticos para a formulação de estratégias de gestão de resíduos sólidos na Ecosan. A identificação da Etapa 2 – Fabricação como principal fonte de geração de resíduos indica a necessidade de intervenções específicas no ambiente fabril, tais como:

- Redesenho dos processos de corte e montagem para minimizar perdas de materiais;
- Substituição de insumos de baixa reciclabilidade por materiais reaproveitáveis ou com ciclo de vida ampliado;
- Implantação de sistemas de segregação na fonte, com recipientes diferenciados e rotinas operacionais padronizadas;
- Formalização de parcerias com cooperativas ou recicladoras locais, a fim de reduzir a destinação a aterros e fortalecer a logística reversa;
- Capacitação dos operadores e técnicos de produção em boas práticas de descarte e reaproveitamento de resíduos.

Para a Etapa 3 – Instalação, recomenda-se o desenvolvimento de kits modulares com menor geração de embalagens e resíduos inertes, além da criação de protocolos de descarte em campo, com orientações específicas para cada tipo de material.

Na Etapa 1 – Escritório, apesar da baixa representatividade quantitativa, ações como digitalização de processos, redução do uso de papel e campanhas internas de separação de recicláveis podem gerar ganhos simbólicos e fortalecer a cultura organizacional voltada à sustentabilidade.

Por fim, a consolidação de um sistema de monitoramento contínuo do indicador K22, com análises trimestrais, permitirá acompanhar a evolução do desempenho, identificar desvios e apoiar a tomada de decisão. Essas ações também reforçam o alinhamento da empresa com a economia circular, com a hierarquia da gestão de resíduos e com os compromissos regulatórios vigentes.

5.3.5 K31 – Gestão dos resíduos sólidos (redução de custos)

Introdução conceitual

O indicador K31 – Gestão de resíduos (para redução de custos) tem como finalidade mensurar o potencial de retorno econômico associado à destinação adequada dos resíduos recicláveis, promovendo a transição da empresa para um modelo baseado nos princípios da Produção Mais Limpa (P+L) e da economia circular. Ao quantificar materiais com valor de reaproveitamento e estimar sua equivalência monetária (em R\$/ano), o indicador oferece um instrumento de gestão integrado, que associa desempenho ambiental à eficiência econômica.

Essa lógica está alicerçada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 11.899/2025, que estabelecem a hierarquia da gestão de resíduos — priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem e, por fim, a disposição final



ambientalmente adequada. O novo decreto reforça o papel da responsabilidade compartilhada, da logística reversa e da valorização dos resíduos como recursos econômicos estratégicos, conforme disposto em seu artigo 7º (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025).

No plano internacional, o K31 está alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 – Consumo e Produção Responsáveis, especialmente à meta 12.5, que visa “reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso até 2030” (ONU, 2015, p. 43). Também encontra respaldo na norma ISO 14001:2015, que orienta os sistemas de gestão ambiental à identificação e mensuração de impactos financeiros associados à geração de resíduos, e à promoção de soluções com retorno econômico e redução de passivos ambientais.

A economia circular, conforme conceituada pela Fundação Ellen MacArthur (2013), fundamenta o viés estratégico deste indicador ao propor a manutenção do valor de produtos, componentes e materiais no mais alto nível possível ao longo de seus ciclos de vida, desacoplando o crescimento econômico do consumo de recursos finitos. Nesse contexto, os resíduos recicláveis deixam de ser tratados como passivos ambientais e passam a ser vistos como ativos de valor econômico, capazes de gerar retorno financeiro e reduzir custos com descarte, transporte e tratamento.

Assim, o indicador K31 atua como um catalisador de boas práticas ambientais e operacionais, apontando caminhos para a valorização de resíduos, a geração de receitas a partir de parcerias com recicladoras e, quando aplicável, estratégias de remanufatura. Ao mesmo tempo, fortalece o posicionamento institucional da Ecosan frente às exigências legais, sociais e de mercado por responsabilidade socioambiental, contribuindo para a resiliência organizacional e o desempenho sustentável de longo prazo.

Escopo de análise

O escopo de análise do indicador K31: Gestão de resíduos (para redução de custos) compreende as três etapas operacionais da Ecosan — Etapa 1: Escritório sede, Etapa 2: Fábrica e Etapa 3: Instalação no cliente — com foco exclusivo nos resíduos sólidos recicláveis, ou seja, materiais descartados com potencial de reaproveitamento industrial, tais como papel, papelão, plásticos, metais e polímeros técnicos não contaminados.

Diferentemente do indicador K22, que contabiliza a massa total de resíduos não recicláveis com vistas à sua redução, o K31 busca estimar o potencial econômico de valorização dos resíduos recicláveis, considerando-os como ativos circulares. Essa abordagem permite sua reintegração em cadeias produtivas, reduz os custos de disposição final e amplia a eficiência ambiental e econômica da operação.

A unidade funcional adotada nesta análise é a mesma utilizada nos demais indicadores ambientais deste relatório: a produção e instalação de 1 sistema padrão de saneamento RAFA + biofiltro, considerando todos os insumos e processos associados ao seu ciclo de vida. Essa escolha metodológica assegura consistência entre indicadores e viabiliza comparações entre diferentes fluxos materiais, energéticos e econômicos nas soluções da Ecosan.

O indicador contempla os seguintes pontos de geração de resíduos recicláveis por etapa:



- **Etapa 1 – Escritório sede:** resíduos administrativos com potencial reciclável, como papel, papelão, plásticos limpos e resíduos secos comuns. Embora a massa gerada seja reduzida, sua frequência e facilidade de segregação justificam sua inclusão no modelo.
- **Etapa 2 – Fábrica:** resíduos metálicos (aço inoxidável, ferro fundido, ligas leves), polímeros técnicos (como PP e UHMW), aparas plásticas e embalagens industriais. Esta etapa concentra o maior volume e diversidade de resíduos com valor de reaproveitamento, sendo, portanto, o ponto crítico para a estratégia de valorização.
- **Etapa 3 – Instalação no cliente:** resíduos de montagem e embalagem gerados em campo, como filmes plásticos, fitas adesivas, caixas de papelão e pequenos insumos descartáveis. Embora nem sempre retornem à sede da empresa, esses materiais podem ser mapeados para fins de logística reversa descentralizada, conforme prevê o art. 7º do Decreto nº 11.899/2025 (BRASIL, 2025).

A definição desse escopo está fundamentada nos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e no conceito de economia circular, que propõe o fechamento dos ciclos materiais e a preservação do valor dos recursos ao longo do tempo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013; UNEP, 2020). Também responde diretamente à meta 12.5 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visa “reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso” (ONU, 2015, p. 43).

Fonte de dados

a) Indicador K31 – etapas administrativas e de instalação

As estimativas de resíduos recicláveis gerados nas Etapas 1 (escritório sede) e 3 (instalação no cliente) foram obtidas a partir da integração entre dados primários reais e fatores técnicos de estimativa com base em literatura especializada.

Na Etapa 1, os dados foram obtidos por meio de levantamentos internos realizados pela equipe da Ecosan, registrados em planilhas com discriminação por tipo de material e frequência de geração. Os resíduos considerados incluem papel, papelão, plásticos limpos, filmes de proteção e outros resíduos secos comuns, com alto potencial de reaproveitamento por sua baixa contaminação e fácil separação na fonte.

Para a Etapa 3 – Instalação do sistema no cliente, não há medição direta registrada no processo operacional. Por isso, a quantificação dos resíduos recicláveis foi realizada por estimativa técnica baseada em parâmetros médios da literatura especializada, com foco específico na produção e instalação de 1 sistema RAFA + biofiltro. Foram utilizados estudos como os de LEITE e JOHN (2003), BNDES (2017), CETESB (2022) e MMA (2022), que indicam perdas típicas de até 2% do total de materiais empregados em campo em obras de pequeno porte.

Os resíduos recicláveis considerados nessa etapa incluem:

- Plásticos de proteção (filmes PE – filmes feitos de polietileno, fitas, mantas);
- Caixas de papelão e embalagens secundárias;
- Tubos cortados e sobras limpas de PEAD e PP (Polipropileno);
- Sacarias de insumos técnicos (cimento, adesivos, selantes).



Os valores estimados foram posteriormente expressos em massa anual por tipo de material reciclável, com conversão para valor monetário (R\$/ano) utilizando cotações médias de mercado. A equivalência monetária foi referida à unidade funcional adotada para o presente relatório (01 sistema RAFA + biofiltro).

b) Indicador K31 – etapa fabril

Os dados referentes à Etapa 2 – Fábrica foram obtidos a partir de registros operacionais da Ecosan consolidados ao longo do ano de 2024. A unidade fabril concentra a maior parte da massa de resíduos recicláveis gerados pela organização, em razão da natureza dos processos de corte, montagem, usinagem e pré-montagem dos sistemas RAFA + biofiltro.

Os dados utilizados foram:

- Planilhas de inventário e controle interno de resíduos gerados por tipo de material (polímeros, metais, papelão, filmes plásticos);
- Pesagens amostrais de resíduos segregados, com registros mensais consolidados em relatórios internos;
- Cotações médias de mercado obtidas por meio de associações setoriais (CEMPRE, ABIPLAST), cooperativas locais e catadores vinculados à cadeia regional de reciclagem.

Os principais resíduos recicláveis gerados nessa etapa foram:

- Polímeros técnicos: PEAD, PP, UHMW²⁶, gerados a partir de sobras de corte, rebarbas e ajustes de peças;
- Resíduos metálicos: aço inoxidável, alumínio e ferro fundido, oriundos de conexões metálicas, suportes e estruturas de fixação;
- Papelão e embalagens industriais: utilizados no transporte de insumos e armazenagem temporária;
- Filmes plásticos: usados para proteção de peças durante o armazenamento ou transporte.

A fração reciclável de cada resíduo foi determinada com base nas diretrizes da ABRELPE (2022), que orienta sobre percentuais médios de reaproveitamento por tipo de material, considerando práticas reais da indústria brasileira. Foram considerados os seguintes parâmetros aproximados:

- 100% de aproveitamento para metais limpos e aparas de polímeros não contaminados;
- 90% para papel e papelão;
- Até 80% para plásticos técnicos, conforme grau de pureza e integridade.

Resíduos perigosos, contaminados com graxa ou misturados a outros materiais foram excluídos da análise econômica, em conformidade com a classificação da ABNT NBR 10004:2004, por não apresentarem viabilidade de reaproveitamento técnico ou financeiro.

A valorização monetária dos resíduos foi feita com base na fórmula geral apresentada na seção 4.1, permitindo estimar o potencial de retorno econômico anual em reais, proporcional à produção de sistemas RAFA + biofiltro no período de referência.

²⁶ UHMW significa "Ultra High Molecular Weight", em português, "Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular". É um tipo de plástico conhecido pela sua alta resistência ao desgaste, impacto e baixo coeficiente de atrito.



c) Limitações e recomendações

Apesar dos avanços metodológicos implementados na estruturação do indicador K31, algumas limitações operacionais e de dados ainda comprometem a precisão total do cálculo e a rastreabilidade dos resíduos recicláveis. As principais limitações identificadas foram:

- Ausência de sistema unificado de segregação e pesagem sistemática de resíduos recicláveis na Etapa 1 (escritório) e, principalmente, na Etapa 3 (instalação no cliente), o que exige o uso de fatores de estimativa baseados em literatura técnica;
- Dependência de preços médios de mercado para valorização dos resíduos, sujeitos a variações regionais, sazonais e de pureza dos materiais;
- Ausência de contratos formais com operadores de reciclagem, cooperativas ou sistemas de logística reversa, o que dificulta a comprovação de destinação adequada e retorno econômico efetivo;
- Baixo controle sobre o reaproveitamento real dos materiais descartados em campo (Etapa 3), uma vez que os resíduos gerados durante a instalação geralmente não retornam à fábrica e podem ter destinação inadequada por terceiros.

Diante disso, recomenda-se que a Ecosan implemente as seguintes melhorias para os próximos ciclos de monitoramento:

- Implantação de um sistema integrado de registro, segregação e pesagem de recicláveis, com padronização de formulários e rotinas em todas as etapas operacionais;
- Formalização de parcerias com cooperativas locais e recicladoras licenciadas, com cláusulas contratuais que permitam o rastreamento da massa reciclada e a aferição de valor de retorno;
- Treinamento de equipes administrativas, operacionais e de campo sobre segregação na fonte, identificação de materiais com valor de reaproveitamento e acondicionamento adequado;
- Criação de protocolos de logística reversa descentralizada para a Etapa 3, com foco na coleta seletiva em campo e retorno de embalagens e sobras limpas à sede da empresa.

Essas ações contribuem para o fortalecimento do sistema de gestão de resíduos da Ecosan, aumentam a precisão do indicador K31 e reforçam o alinhamento da empresa com os princípios da economia circular, da responsabilidade compartilhada e da contabilidade ambiental sistêmica (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004).

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K31

O cálculo do indicador K31 – Gestão de resíduos (para redução de custos) fundamenta-se na quantificação da fração reciclável dos resíduos sólidos gerados pela Ecosan em suas três etapas operacionais (escritório, fábrica e instalação) e na estimativa do potencial econômico associado à valorização desses resíduos, seja pela redução de custos com destinação final (aterros ou coprocessamento) ou pela eventual receita com a venda para recicladoras.



Com base nas planilhas fornecidas pela Ecosan (Tabelas 33 e 34), os resíduos sólidos totais em 2024 foram classificados por tipo de material. Para cada material, foi atribuída uma fração reciclável percentual, conforme recomendações técnicas da ABRELPE (2022), CETESB (2022) e práticas de mercado conforme apresenta a Tabela 32:

Tabela 25 - Fração reciclável de material

Material	Massa anual (kg)	Fração reciclável estimada	Reciclável (kg/ano)
Aço inox (AISI 304 e 316L)	2.991,16	100%	2.991,16
Ferro fundido (FoFo)	90,11	100%	90,11
Aço carbono (ASTM A36, SAE 1020)	1.049,22	100%	1.049,22
Polímeros técnicos (UHMW, Neoprene)	43,85	80%	35,08
Papel, papelão, plástico limpo (escritório)	1.524,00	90%	1.371,60
Total estimado	5.698,34 kg		5.537,17 kg/ano

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

As frações não recicláveis (embalagens contaminadas, adesivos, misturas, orgânicos) foram desconsideradas da análise econômica por não apresentarem viabilidade técnica de reaproveitamento.

Estimativa de valor de mercado (R\$/kg)

Com base em levantamentos do Índice Nacional de Preços de Materiais Recicláveis – INPMR (ABREU, 2023) e em consultas a cooperativas da região do ABC paulista, foram adotados os seguintes valores médios de venda por tipo de resíduo reciclável, conforme apresenta a Tabela 33:

Tabela 26 - Estimativa de valor de mercado

Material	Valor médio (R\$/kg)
Metais ferrosos	R\$ 0,85
Aço inoxidável	R\$ 1,30
Plásticos técnicos	R\$ 0,70
Papel e papelão	R\$ 0,40

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

O valor médio ponderado, considerando a composição da massa reciclável, foi estimado em R\$ 1,04/kg.

O cálculo do valor médio ponderado é demonstrado pela Tabela 34:

Tabela 27 - Cálculo do valor médio ponderado de resíduos recicláveis

Material reciclável	Massa (kg/ano)	Preço médio (R\$/kg)	Subtotal (R\$)
Papel e papelão	524,0	0,6	314,40
Plástico (PET/PP/PEAD)	760,0	1,2	912,00



Aço carbono (ASTM A36)	731,1	0,8	584,88
Aço inox (AISI 304)	1.050,1	1,3	1.365,13
Neoprene (resíduo técnico)*	18,8	0,5*	9,40
Total	3.083,0	—	3.185,81

Fonte: Dados primários da Ecosan (2024); preços médios de recicladoras de São Paulo (2024); ABRELPE (2022).

*O valor de reaproveitamento para Neoprene é simbólico, uma vez que seu reaproveitamento depende de tecnologias específicas.

Fórmula geral do valor médio ponderado (VMP):

$$VMP = \frac{\sum Mi * pi}{\sum Mi}$$

Onde:

- M_i = massa de cada tipo de material (em kg);
- p_i = preço unitário por kg de cada material (em R\$).

$$VPM = \frac{((524,0 * 0,6) + (760,0 * 1,2) + (731,0 * 0,8) + (1050,1 * 1,3) + (18,8 * 0,5))}{524,0 + 760,0 + 731,0 + 1050,1 + 18,8}$$

$$VPM = \frac{314,4 + 912,0 + 584,8 + 1365,1 + 9,4}{3083,9} \rightarrow VPM = \frac{3185,7}{3083,9}$$

$$VPM = R\$ 1,03/k$$

Cálculo do benefício econômico

O benefício econômico potencial do indicador K31 foi calculado com base em dois elementos:

- Redução de custo de destinação final evitada: considerando um custo médio de R\$ 0,28/kg para destinação de resíduos industriais não recicláveis (CETESB, 2022);
- Receita potencial com venda para recicladoras: conforme valores médios descritos acima.

Fórmula aplicada:

$K31 = \text{Valor anual potencial (R\$/ano)} = \text{massa reciclável (kg/ano)} \times (\text{R\$/kg reciclável} + \text{R\$ evitado por kg não destinado})$

$$K31 = \text{Valor} = 5.537,17 \text{ kg/ano} \times (1,03 \text{ R\$/kg} + 0,28 \text{ R\$/kg}) = \text{R\$ } 7.253,69 \text{ por ano}$$

K31 = gestão de resíduos (para redução de custos) = R\$ 7.253,69/ano

Esse valor representa o potencial econômico bruto associado à melhoria da segregação e logística de resíduos recicláveis nas três etapas da operação da Ecosan. Não foram descontados custos operacionais, pois o objetivo é apontar o potencial bruto de economia e receita com a valorização dos resíduos recicláveis.



Com base nos dados reais e nas estimativas consolidadas das três etapas do processo da Ecosan, foi possível quantificar uma massa total anual de 5.919,21 kg de resíduos sólidos, dos quais 4.386,81 kg/ano são potencialmente recicláveis – representando aproximadamente 74% do total como mostra a Tabela 35. Essa fração reciclável está concentrada majoritariamente na etapa fabril, composta por metais como aço inoxidável (AISI 304), aço carbono (ASTM A-36, SAE 1020), ferro fundido nodular, borrachas técnicas e polímeros industriais.

Tabela 28 - Materiais potencialmente recicláveis

Etapa	Material	Composição	Classificação	Massa (kg/ano)
Etapa 2	AISI 304	Aço inoxidável	Reciclável – Metálico	2.311,91
Etapa 2	ASTM A-36	Aço carbono	Reciclável – Metálico	731,10
Etapa 2	SAE 1020	Aço carbono	Reciclável – Metálico	318,12
Etapa 2	Ferro fundido nodular	Ferro fundido	Reciclável – Metálico	90,11
Etapa 2	AISI 316L	Aço inoxidável	Reciclável – Metálico	679,25
Etapa 2	Neoprene	Borracha sintética	Reciclável – Elastômero	18,80
Etapa 2	UHMW	Polímero de ultra alto peso molecular	Reciclável – Plástico técnico	25,05
Etapa 1	Papel/plástico limpos (estimado)*	Rejeito misto com fração reciclável	Reciclável – Diversos	212,47**
Total				4.386,81 kg/ano

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

*A fração reciclável do lixo comum do escritório (Etapa 1) foi estimada com base em médias da ABRELPE (2022), que indicam que até 14% do resíduo sólido urbano gerado em ambientes administrativos é reciclável.

**14% de 1.524,00 kg (massa total de resíduos do escritório) = 213,36 kg = 212,47 kg.

b) Interpretação dos resultados

O valor obtido para o indicador K31 no ciclo de referência de 2024 foi de R\$ 3,33 por unidade funcional, considerando a produção de 100 sistemas RAFA + biofiltro e o total estimado de R\$ 332,50 em retorno econômico potencial com resíduos recicláveis. Esse resultado, embora numericamente modesto em termos absolutos, apresenta três interpretações estratégicas relevantes:

a) Eficiência econômica marginal ainda sub explorada:

A baixa recuperação financeira por unidade revela que, embora haja potencial de valorização dos resíduos, esse potencial não está sendo plenamente convertido em ganhos econômicos reais. Isso se deve, principalmente, à ausência de contratos com recicladoras, à perda de materiais em campo (Etapa 3) e à subvalorização de materiais mal segregados. A estrutura de reaproveitamento ainda se encontra em estágio incipiente.

b) Concentração de valor em poucos materiais:



A análise do valor por tipo de resíduo mostra que a maior parte do retorno monetário advém de materiais específicos como metais limpos (aço, alumínio) e plásticos técnicos não contaminados (PP, PEAD). Já resíduos leves, como papel e embalagens secundárias, embora frequentes, têm baixa contribuição monetária individual, o que reforça a necessidade de seleção estratégica dos resíduos prioritários para coleta, segregação e comercialização.

c) Integração limitada com a cadeia de circularidade:

A estimativa atual não considera receitas reais efetivadas, mas sim o potencial bruto com base em massa e preço médio. Portanto, o valor calculado representa uma oportunidade econômica ainda não capturada, indicando um espaço estratégico para ações de melhoria operacional e institucional. Se adequadamente estruturada, a gestão de recicláveis pode gerar economias significativas com transporte, taxas de destinação e compra de insumos.

Em resumo, o indicador K31 revela que o valor econômico dos resíduos recicláveis ainda não é devidamente aproveitado pela Ecosan, o que limita os benefícios financeiros da transição para uma economia circular. A análise indica espaço para ganhos econômicos e reputacionais, desde que sejam adotadas rotinas sistemáticas de triagem, rastreamento e parceria com recicladores.

c) Implicações gerenciais e recomendações

Os resultados obtidos com o indicador K31 indicam que a Ecosan possui um volume relevante de resíduos recicláveis com valor econômico potencial ainda não convertido em ganho real, revelando um espaço estratégico para ações de melhoria em sua gestão operacional, institucional e logística. A partir disso, destacam-se as seguintes implicações gerenciais:

1. Fortalecimento da governança de resíduos recicláveis:

A ausência de um sistema formal de controle, segregação e valorização dos resíduos recicláveis limita o aproveitamento econômico e compromete o alinhamento da empresa com políticas públicas e exigências de sustentabilidade. Recomenda-se a formalização de parcerias com cooperativas e recicladoras, com contratos contendo cláusulas de rastreabilidade e metas de reaproveitamento.

2. Oportunidade de redução de custos logísticos e fiscais:

A valorização dos resíduos recicláveis pode gerar economias diretas com transporte e descarte, bem como reduzir custos indiretos associados à não conformidade ambiental (ex.: taxas de destinação, passivos regulatórios). A adoção de uma estratégia de reaproveitamento pode ser incorporada aos planos de compras, contratos com fornecedores e à política de suprimentos.

3. Necessidade de estruturação da logística reversa descentralizada:

Os resíduos da Etapa 3 (instalação no cliente) representam um ponto crítico de perda de valor, devido à ausência de coleta estruturada. Recomenda-se desenvolver protocolos para retorno de embalagens e sobras limpas, possivelmente em sinergia com parceiros logísticos ou municípios com programas de coleta seletiva.

4. Criação de indicadores complementares de desempenho circular:



Com base no K31, a Ecosan pode implementar subindicadores para monitorar a evolução do percentual de resíduos valorizados, o número de contratos ativos com recicladoras e a receita gerada com comercialização de materiais recicláveis.

5. Reforço da cultura organizacional orientada à circularidade:

Treinamentos regulares com as equipes operacionais e administrativas, focados na segregação na fonte, redução de perdas e valorização dos materiais, são fundamentais para consolidar o indicador como ferramenta de melhoria contínua e competitividade ambiental.

Ao adotar essas recomendações, a Ecosan avança no desempenho econômico associado à gestão de resíduos e na consolidação de uma postura empresarial coerente com os princípios da economia circular, da Produção Mais Limpa e da governança ambiental eficaz, pilares fundamentais para a perenidade e o valor da marca.

5.3.6 K32 – Ebitda

Introdução conceitual

O indicador K32, correspondente ao EBITDA²⁷ (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*), integra o setor econômico do modelo 5 SEnSU+G como um dos principais instrumentos para monitorar o desempenho financeiro e a resiliência econômica da organização. Essa métrica expressa a capacidade da empresa de gerar resultados operacionais antes da incidência de encargos financeiros e amortizações, oferecendo uma visão clara da eficiência do seu modelo de negócios (DAMODARAN, 2012).

No contexto da sustentabilidade corporativa, o EBITDA assume papel estratégico por representar a capacidade de manter operações lucrativas e, simultaneamente, investir em práticas ambientais e sociais, em consonância com o conceito de *triple bottom line*²⁸ (ELKINGTON, 1999). Dessa forma, o K32 se conecta diretamente ao terceiro setor do modelo 5 SEnSU+G – setor econômico, permitindo avaliar a robustez financeira como condição necessária à viabilidade de longo prazo da sustentabilidade organizacional bem como no modelo 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019).

Além de seu uso consagrado na literatura financeira e nas práticas contábeis, o EBITDA tem sido amplamente incorporado aos painéis de governança e métricas ESG (*Environmental, Social and Governance*), por se tratar de um indicador objetivo, auditável e comparável, facilitando a comunicação com *stakeholders*, órgãos reguladores e investidores (KPMG²⁹, 2021; GRI, 2021; CFA INSTITUTE, 2022). O conceito de ESG pressupõe que empresas com sólido desempenho ambiental e social devem igualmente apresentar resultados econômicos sustentáveis, tornando o EBITDA um elo entre a ecoeficiência e a competitividade econômica.

Esse alinhamento é reforçado por normas como a ABNT PR 2030 (2023), que estabelece diretrizes para a incorporação de métricas financeiras no monitoramento de práticas ESG no contexto brasileiro, e por

²⁷ Lucros antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização. Em português, também é conhecido como LAJIDA. Trata-se de um conceito financeiro crucial para empresas de todos os tamanhos.

²⁸ O *triple bottom line* é um modelo de avaliação de desempenho organizacional que vai além do aspecto financeiro tradicional. Enquanto a maioria das empresas foca apenas nos lucros, o TBL propõe uma perspectiva mais ampla, incorporando três pilares principais: econômico, social e ambiental.

²⁹ KPMG é a sigla para Klynveld Peat Marwick Goerdeler, nome de quatro empresas que se uniram para formar a rede global de serviços profissionais. A sigla surgiu após a fusão da KMG (Klynveld Main Goerdeler) com a Peat Marwick, em 1987.



frameworks internacionais como o GRI 201: Desempenho Econômico, o SASB, e a TCFD, que recomendam o uso do EBITDA como métrica legítima para análise de desempenho sob a ótica da sustentabilidade.

No caso da Ecosan, o EBITDA reportado em 2024 expressa a capacidade da empresa de manter operações financeiramente viáveis mesmo diante de investimentos em tecnologias limpas, inovação de produto e estratégias de sustentabilidade corporativa. Sua inclusão no modelo 5 SEnSU+G fortalece a análise integrada entre os pilares econômico, ambiental e social, permitindo a definição de metas financeiras coerentes com os compromissos da empresa perante o Acordo de Paris (UNFCCC, 2015), o Programa MOVER (BRASIL, 2023) e as políticas públicas nacionais voltadas à transição para uma economia de baixo carbono.

Escopo de análise

O escopo do indicador K32 – EBITDA compreende o conjunto das atividades operacionais da Ecosan diretamente vinculadas ao ciclo de vida do sistema padrão de saneamento RAFA + biofiltro, com base nas três etapas do processo produtivo adotadas como referência no modelo 5 SEnSU+G:

Etapas 1 – Escritório sede: engloba os setores administrativos, comerciais, de planejamento e gestão corporativa;

Etapas 2 – Fábrica: abrange a fabricação, montagem e testes dos sistemas de saneamento na sede industrial da empresa;

Etapas 3 – Obras de instalação: refere-se à montagem dos sistemas no local de destino (canteiro do cliente), ainda que eventualmente executada por equipes terceirizadas.

A unidade funcional adotada é a mesma aplicada aos demais indicadores ambientais e econômicos do modelo: a produção e entrega de 1 (um) sistema padrão RAFA + biofiltro, o que assegura comparabilidade inter-indicadores, rastreabilidade de dados e consistência metodológica (GIANNETTI et al., 2019).

Os limites contábeis e operacionais definidos para o K32 consideram apenas as receitas e despesas diretamente relacionadas à operação produtiva das três etapas acima descritas. Estão excluídos do escopo:

- Despesas e receitas financeiras (ex.: juros, variações cambiais);
- Tributos sobre lucro e resultados não recorrentes;
- Depreciações e amortizações.

Essa delimitação está em conformidade com os princípios contábeis adotados pelo Conselho Federal de Contabilidade (CFC, 2019), pelo Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC 26, 2021) e pelas práticas internacionalmente reconhecidas do IFRS, permitindo a mensuração objetiva da eficiência operacional bruta da empresa.

A adoção do EBITDA como indicador central de desempenho econômico no modelo 5 SEnSU+G justifica-se por sua alta auditabilidade, comparabilidade setorial e aderência a marcos de sustentabilidade corporativa. Além disso, o K32 se integra de maneira coerente às métricas ambientais e sociais do modelo, conforme as diretrizes da ABNT PR2030 (2023), do GRI 201: Desempenho Econômico (2021) e dos requisitos do Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Fontes de dados



a) Indicador K32 – EBITDA

A consolidação do indicador K32 teve como base o valor oficial do EBITDA da Ecosan referente ao exercício de 2024, informado diretamente pelo setor contábil da empresa. O montante registrado foi de R\$ 1.240.979,84, sendo classificado como dado primário, auditável e validado para fins de reporte contábil-financeiro, conforme exigido pelas boas práticas de transparência e integridade metodológica do modelo 5 SEnSU+G.

O cálculo informado segue os princípios da contabilidade internacionalmente reconhecida, conforme estabelecido pelas normas do Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC 26, 2021), do Conselho Federal de Contabilidade (CFC, 2019), e pelas diretrizes do *International Financial Reporting Standards – IFRS (2020)*. De acordo com esses referenciais, o EBITDA representa o resultado operacional da empresa antes da dedução de juros, impostos, depreciações e amortizações, sendo uma métrica legítima para avaliar a eficiência econômica das operações principais da organização.

O valor consolidado do K32 foi reportado como agregado anual, sem desagregação por unidade operacional (escritório, fábrica ou instalação). Ainda assim, sua adoção no presente relatório atende aos critérios de objetividade, auditabilidade e compatibilidade com as normas técnicas e de sustentabilidade corporativa, sendo compatível com as recomendações da *Global Reporting Initiative – GRI 201: Desempenho Econômico (GRI, 2021)*, e da ABNT PR2030 (ABNT, 2023), que orientam a inclusão de métricas financeiras robustas no contexto ESG.

b) Limitações e recomendações

A principal limitação metodológica identificada na apuração do indicador K32 refere-se à indisponibilidade de dados desagregados referentes às receitas, despesas e custos operacionais da Ecosan por etapa produtiva (escritório, fábrica, instalação). Da mesma forma, não foram fornecidas planilhas com a memória de cálculo detalhada do EBITDA, o que impossibilitou a apresentação da estrutura contábil completa no presente ciclo de reporte.

Essa ausência compromete, em parte, a rastreabilidade interna do indicador e dificulta a análise crítica sobre sua variação ao longo do tempo, bem como a identificação de pontos de eficiência ou vulnerabilidade financeira em processos específicos.

Para os próximos ciclos, recomenda-se:

- Solicitar formalmente à área de controladoria da Ecosan os balancetes gerenciais, DREs analíticas e relatórios contábeis auditados por centro de custo;
- Estabelecer um protocolo de segregação de dados contábeis por etapa operacional (administração, produção, instalação), alinhado às exigências de integridade e auditabilidade do modelo 5 SEnSU+G;
- Promover a integração entre a área financeira e os setores de sustentabilidade, de forma a favorecer o monitoramento dinâmico do EBITDA em relação às variáveis ambientais e sociais já contempladas nos indicadores K11, K12, K21 e K31.



Tais recomendações visam ampliar a transparência, a robustez metodológica e a comparabilidade intertemporal do indicador K32, garantindo sua legitimidade como ferramenta de monitoramento da performance econômica no contexto da sustentabilidade corporativa.

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K32

O indicador K32 foi consolidado com base no valor do EBITDA fornecido oficialmente pela Ecosan para o exercício de 2024, correspondente a R\$ 1.240.979,84. Por tratar-se de dado primário e auditável, reportado diretamente pelo setor contábil da empresa, não foi disponibilizada a memória de cálculo interna detalhada, o que limita a abertura completa das equações nesta versão da memória de cálculo.

$$\mathbf{K32 = Ebitda = R\$ 1.240.979,84/ano}$$

Em conformidade com as boas práticas contábeis (CFC, 2019; CPC 26, 2021), o EBITDA expressa o resultado operacional antes de juros, impostos, depreciação e amortização, sendo amplamente aceito como indicador de desempenho econômico e de eficiência do core business. O presente documento, por se tratar da memória de cálculo do Relatório de Sustentabilidade da Ecosan, assegura a rastreabilidade do valor informado, recomendando que ciclos futuros de monitoramento incluam demonstrativos contábeis completos e balancetes auditados, em atendimento à ABNT PR2030 (2023) e às diretrizes do GRI (2021), garantindo maior acuracidade, consistência e transparência para auditorias externas.

Para efeitos de unidade funcional, mantém-se o padrão já adotado nos demais indicadores do modelo 5 SEnSU+G, ou seja, a produção e entrega de 1 sistema padrão RAFA + biofiltro, permitindo comparações intertemporais e compatibilidade metodológica entre os setores ambiental, econômico e social (GIANNETTI et al., 2019).

b) Interpretação dos resultados

O indicador K32 foi consolidado a partir de dado primário fornecido pela Ecosan, totalizando R\$ 1.240.979,84 de EBITDA em 2024, o que expressa a capacidade da organização de gerar resultado operacional positivo a partir de suas atividades principais. Esse valor representa a performance financeira da Ecosan antes da dedução de juros, impostos, depreciação e amortização, traduzindo uma métrica robusta de eficiência econômica bruta.

Ainda que não tenha sido disponibilizada a memória de cálculo detalhada com a abertura de receitas, despesas e centros de custo, o resultado informado permite inferir um grau satisfatório de saúde financeira e estabilidade operacional, especialmente diante dos investimentos da empresa em soluções sustentáveis, como a fabricação própria de sistemas RAFA + biofiltro e a adoção de práticas de economia circular.

Do ponto de vista do modelo 5 SEnSU+G, o K32 desempenha função estratégica ao complementar os indicadores ambientais e sociais com uma dimensão econômica auditável, sendo essencial para a avaliação da viabilidade e perenidade das práticas sustentáveis. A rastreabilidade do valor total está garantida pelas normas do Conselho Federal de Contabilidade (CFC, 2019) e do CPC 26 (2021), mas a ausência de



detalhamento impede, nesta versão do relatório, análises mais aprofundadas sobre sazonalidades, margens por etapa e impactos de custos socioambientais na rentabilidade.

No contexto das políticas públicas e compromissos nacionais, o resultado reportado também serve como indicador de viabilidade econômico-financeira compatível com critérios de elegibilidade para programas como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), além de contribuir para o cumprimento das diretrizes da ABNT PR2030 (2023) e das práticas de reporte estabelecidas pelo GRI 201 (2021).

Para os próximos ciclos de monitoramento, recomenda-se ampliar a base de dados auditada, realizar comparações com *benchmarks* setoriais e promover a integração entre os sistemas contábil e socioambiental, de modo a fortalecer a coerência e a capacidade analítica do indicador K32 no painel de governança do modelo 5 SEnSU+G.

c) Implicações gerenciais e recomendações

O desempenho econômico representado pelo indicador K32 – EBITDA constitui um instrumento estratégico para a tomada de decisão organizacional, especialmente no contexto da transição para modelos de produção sustentáveis. O valor apurado para o exercício de 2024 evidencia que a Ecosan apresenta capacidade operacional de gerar recursos financeiros próprios, o que é fundamental para sustentar investimentos em inovação, melhoria de processos e cumprimento de exigências socioambientais crescentes.

Do ponto de vista da governança, o monitoramento sistemático do K32 pode auxiliar:

- Na identificação de gargalos operacionais com impacto financeiro, a partir da correlação entre custos produtivos e desempenho ambiental (ex.: consumo energético, perdas de matéria-prima, logística de resíduos);
- Na construção de políticas internas de desempenho integradas, articulando metas econômicas com indicadores ambientais e sociais (como K11, K21 e K31);
- Na preparação para acesso a linhas de financiamento verde, que exigem comprovação de equilíbrio econômico em conjunto com compromissos de mitigação de impactos e práticas ESG, como prevê o Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Como medidas prioritárias, recomenda-se:

- A segregação contábil por etapa produtiva e centro de custo, de forma a permitir análises mais detalhadas da lucratividade de cada fase da operação (escritório, fábrica, instalação);
- A criação de um protocolo de integração entre o setor contábil-financeiro e o setor de sustentabilidade, permitindo o cruzamento sistemático entre desempenho econômico e indicadores de eficiência ambiental;
- O fortalecimento da rastreabilidade documental por meio da digitalização e padronização de relatórios gerenciais, assegurando a auditabilidade externa e a comparabilidade temporal do indicador.

Por fim, destaca-se que o EBITDA, embora tradicionalmente associado ao universo contábil, desempenha papel crescente como métrica-chave em painéis de sustentabilidade corporativa, reforçando a importância da gestão econômica como pilar indissociável da sustentabilidade de longo prazo. Ao consolidar



o K32 no modelo 5 SEnSU+G, a Ecosan avança na governança integrada de seus resultados financeiros, ambientais e sociais, qualificando sua trajetória rumo à maturidade ESG.

5.3.7 K41 – Engajamento dos colaboradores

Introdução conceitual

O engajamento dos colaboradores é reconhecido como um fator estratégico para a sustentabilidade organizacional, por estar diretamente relacionado à produtividade, inovação, retenção de talentos e ao alinhamento com os valores corporativos (BAKKE, 2022). No modelo 5 SEnSU+G, o indicador K41 – Engajamento dos colaboradores compõe o quarto setor (governança), traduzindo o grau de envolvimento dos trabalhadores na construção de uma empresa mais ética, eficiente e sustentável.

Conforme diretrizes da ISO 26000:2010, a governança organizacional deve ser orientada pelos princípios da transparência, prestação de contas e engajamento das partes interessadas, com destaque para os trabalhadores como atores centrais da cultura institucional (ABNT, 2010). Nessa perspectiva, o engajamento deixa de ser apenas uma dimensão subjetiva e passa a ser um elemento mensurável de governança organizacional, conforme destacam Baptiste e Whittington (2018), ao associarem o comprometimento dos colaboradores à maturidade das estruturas internas de gestão.

A literatura sobre sustentabilidade corporativa também ressalta que o engajamento deve ser compreendido como um processo contínuo de construção de sentido coletivo, no qual os colaboradores se reconhecem como protagonistas da transformação organizacional (HAKANEN et al., 2006). Quando adequadamente mensurado, esse engajamento permite avaliar não apenas a adesão formal às práticas da empresa, mas também o grau de comprometimento com seus objetivos estratégicos e socioambientais.

Em consonância com as normas da ISO 30414:2018, que orientam a mensuração do capital humano, e com os princípios do GRI 404 e 401 (GRI, 2021), o indicador K41 propõe uma métrica objetiva para avaliar o engajamento interno, com foco na participação ativa dos colaboradores em iniciativas de sustentabilidade e governança. Essa abordagem dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico, o ODS 4 – Educação de qualidade e o ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes (ONU, 2015).

A proposta metodológica do K41 prevê, em sua versão atual, o uso de um questionário aplicado entre os colaboradores, contendo perguntas objetivas sobre práticas institucionais de sustentabilidade e governança. A taxa de resposta ao questionário é utilizada como *proxy*³⁰ do engajamento organizacional, considerando as limitações de infraestrutura digital e de gestão de dados da empresa avaliada. Trata-se de uma solução simplificada, porém validada na literatura, especialmente para contextos de micro e pequenas empresas (GONÇALVES et al., 2021; HAKANEN et al., 2006).

Fontes de dados

³⁰ Na sustentabilidade, "proxy" refere-se a um indicador ou variável que representa outra variável ou um conceito mais complexo, servindo como uma ferramenta para medir ou estimar algo que é difícil ou impossível de observar diretamente. Por exemplo, o PIB per capita pode ser um proxy para o padrão de vida, ou o nível de desmatamento em uma região pode ser um proxy para a degradação ambiental geral.

a) Indicador K41 – Engajamento dos colaboradores

O indicador K41 – Engajamento dos colaboradores foi concebido para mensurar a disposição efetiva dos trabalhadores da Ecosan em participar de ações institucionais voltadas à governança, sustentabilidade e desenvolvimento organizacional. O escopo de análise abrange todos os colaboradores vinculados à sede administrativa da empresa, incluindo:

- Setores de administração, engenharia, planejamento e comercial;
- Equipe técnica responsável por produção, pré-montagem e assistência à instalação dos sistemas de saneamento;
- Pessoal de apoio operacional que participa das rotinas internas e interações institucionais.

A metodologia adotada baseia-se na aplicação de questionário estruturado e anônimo, elaborado com base nas recomendações da ABNT PR2030 (2023), ISO 26000:2010 e ISO 30414:2018, que reforçam a importância da escuta ativa e da participação dos trabalhadores nos processos decisórios e de avaliação interna (HAKANEN et al., 2006; BAPTISTE; WHITTINGTON, 2018). As perguntas foram objetivas e relacionadas à participação nas práticas de sustentabilidade da Ecosan, seguindo diretrizes para indicadores de clima organizacional e governança participativa (DUARTE et al., 2020; GONÇALVES et al., 2021).

No ciclo de 2024, cinco colaboradores foram formalmente convidados a responder ao instrumento e três responderam integralmente, resultando em uma taxa de resposta de 60%. Embora o quadro funcional total conte com 39 colaboradores, o cálculo do indicador foi realizado com base no universo efetivamente exposto ao instrumento, em consonância com o conceito de métrica proporcional contextualizada, adequado a micro e pequenas empresas e validado por estudos de *benchmarking* qualitativo (GONÇALVES et al., 2021).

Essa abordagem é reconhecida por diretrizes técnicas (ISO 30414:2018; ABNT PR2030:2023) como válida para organizações de pequeno porte e com baixo grau de digitalização. A elaboração e aplicação do questionário foram conduzidas pela própria pesquisadora responsável pela presente memória de cálculo, garantindo controle metodológico e alinhamento aos objetivos do modelo 5 SEnSU+G.

b) Limitações e recomendações

A principal limitação metodológica neste ciclo foi o número reduzido de respondentes ($n = 3$) e a ausência de integração com dados do setor de Recursos Humanos, o que impossibilitou a obtenção de amostra estatisticamente representativa e a realização de estratificações por setor, cargo ou tempo de empresa. Tais restrições são recorrentes em ambientes organizacionais com baixa maturidade na gestão de dados (FREITAS; JANNI, 2017).

Para ciclos futuros, recomenda-se:

- Ampliar a base de respondentes, englobando todos os setores;
- Automatizar parcialmente a coleta de dados, com apoio de formulários integrados e planilhas dinâmicas;
- Integrar o K41 a outros indicadores de desempenho humano, como treinamento, retenção e satisfação, conforme orientações da ISO 30414:2018 e GRI 404:2021.

Essa delimitação metodológica visa assegurar que o K41 reflita tanto a frequência das interações formais quanto a qualidade do vínculo entre os trabalhadores e os valores institucionais da Ecosan,



fortalecendo o ciclo de feedback interno, a aprendizagem organizacional e a governança orientada ao desenvolvimento sustentável.

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K41

O indicador K41 – Engajamento dos colaboradores – tem como objetivo quantificar, ainda que de maneira inicial, o grau de participação dos colaboradores da organização nas práticas de sustentabilidade, especialmente na construção dos indicadores e Relatórios de Sustentabilidade, que integram a governança da empresa no modelo 5 SEnSU+G.

Para este indicador, propõe-se a fórmula simples de engajamento proporcional:

Fórmula Geral:

Equação III

$$K41 = (n_r / n_e) \times 100$$

Onde:

- K41 = percentual de engajamento dos colaboradores;
- n_r = número de colaboradores que responderam ao instrumento de coleta;
- n_e = número de colaboradores efetivamente expostos ao instrumento (questionário);
- Resultado expresso em porcentagem (%).

Aplicação com Dados Reais da Ecosan:

$$K41 = (3 / 5) \times 100 = 60\%$$

K41 = Engajamento dos colaboradores = 60%

Assim, o indicador de engajamento dos colaboradores da Ecosan, com base na aplicação do formulário de participação no desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade, é de 60%.

b) Interpretação de resultados

O resultado obtido para o indicador K41 – Engajamento dos colaboradores, correspondente a 60% de taxa de resposta ao questionário, deve ser interpretado à luz do contexto organizacional da Ecosan, caracterizado por baixa maturidade em gestão de dados de recursos humanos e pela ausência de políticas formais de incentivo à participação interna em ações de sustentabilidade.

Ainda que o número de colaboradores convidados ($n = 5$) represente apenas uma fração do quadro funcional total da empresa ($n = 39$), essa abordagem proporcional é metodologicamente válida em estudos



exploratórios e contextos de baixa estruturação gerencial, conforme reconhecido na literatura sobre sustentabilidade organizacional (GONÇALVES et al., 2021; FREITAS; JANNI, 2017).

Nesse cenário, o percentual alcançado revela uma mobilização inicial relevante, indicando a existência de abertura institucional ao diálogo e à construção coletiva dos compromissos socioambientais da empresa. O envolvimento de três colaboradores na resposta integral ao questionário sinaliza um primeiro passo para o desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada à sustentabilidade, mesmo sem a existência de canais formais de participação ou escuta ativa.

A análise crítica do indicador deve considerar que, segundo a ISO 26000:2010 (ABNT, 2010), o engajamento das partes interessadas — especialmente os trabalhadores — deve ser conduzido de forma proativa, transparente e representativa, como princípio estruturante da governança e da responsabilidade social. Nesse sentido, o valor de 60% não deve ser interpretado como um patamar de excelência, mas sim como um marco de referência inicial em um processo que ainda precisa ser ampliado e institucionalizado.

Os dados também revelam que a amostra efetiva (3 de 39 colaboradores totais) representa menos de 13% do quadro funcional, o que limita a representatividade do resultado e reforça a necessidade de ações corretivas. Recomenda-se, nos próximos ciclos de avaliação, que o processo de engajamento seja estendido a todos os setores e níveis hierárquicos da empresa, com instrumentos mais robustos de coleta e sistemas de gestão de pessoas capazes de integrar dados de clima organizacional, rotatividade, treinamentos e participação em ações institucionais.

Como destacado por Salm et al. (2019), organizações que desenvolvem modelos participativos e canais efetivos de escuta interna demonstram maior aderência às metas ESG e mais sucesso na implementação de políticas de sustentabilidade. Dessa forma, a construção do indicador K41 representa uma ferramenta de diagnóstico e planejamento, mais do que um retrato consolidado de desempenho, sendo particularmente útil para orientar o fortalecimento da governança interna e a construção de processos colaborativos mais estruturados.

c) Implicações gerenciais e recomendações

A aplicação do indicador K41 revela oportunidades estratégicas para o fortalecimento da governança participativa na Ecosan, ao evidenciar uma mobilização inicial de parte dos colaboradores em torno das práticas de sustentabilidade. O resultado de 60% de resposta ao questionário, embora obtido com uma amostra reduzida, sugere disposição institucional ao diálogo e à construção de compromissos compartilhados, o que representa um ativo intangível relevante para empresas em processo de transição para modelos sustentáveis.

Do ponto de vista gerencial, o K41 pode ser utilizado como base para a formulação de políticas internas de engajamento, com a criação de canais sistemáticos de escuta, participação e responsabilização dos colaboradores. Recomenda-se a inclusão do engajamento em planos de desenvolvimento organizacional, contemplando ações como:

- Capacitação contínua em temas de governança, ODS e cultura organizacional;
- Integração do tema em avaliações de desempenho e clima organizacional;
- Formalização de metas e indicadores complementares relacionados à participação interna.



Além disso, a sistematização do K41 deve ser acompanhada da construção de rotinas formais de coleta, arquivamento e tratamento de dados sobre engajamento, preferencialmente integradas ao sistema de gestão de pessoas da empresa. Tais práticas fortalecem a rastreabilidade, a auditoria e a governança da informação, em consonância com as diretrizes da ISSO 30414:2018 e da ABNT PR2030:2023.

Por fim, a adoção de um indicador de engajamento no painel de sustentabilidade da Ecosan reforça a sua aderência aos compromissos voluntários e regulatórios em ESG, além de qualificar sua capacidade de resposta perante *stakeholders* internos e externos. Ao transformar o engajamento em um vetor de monitoramento estratégico, a empresa avança na direção de uma cultura corporativa mais resiliente, inclusiva e alinhada aos princípios da responsabilidade social e da sustentabilidade organizacional de longo prazo.

5.3.8 K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa

Introdução conceitual

O indicador K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa integra o quarto setor do modelo 5 SEnSU+G, que representa a sociedade como fornecedora de recursos essenciais à unidade de produção. Nesse contexto, o capital humano é compreendido como um insumo fundamental, e sua contribuição para a geração de valor torna-se central na Avaliação da Sustentabilidade organizacional. O K42 busca, portanto, mensurar quanto cada colaborador direto contribui para o resultado operacional da empresa, funcionando como um elo entre o desempenho econômico e os recursos sociais que sustentam a produção.

Para capturar essa relação, adota-se como base o EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*), indicador amplamente reconhecido por refletir a capacidade real de geração de valor da empresa antes dos encargos financeiros e contábeis. O uso do EBITDA como referência assegura maior precisão analítica do indicador, evitando distorções associadas ao uso de receitas brutas ou indicadores de faturamento, que não descontam os custos operacionais (DAMODARAN, 2012; CPC 26, 2021).

Ao dividir o EBITDA pelo número de colaboradores diretos da empresa, obtém-se uma medida objetiva e auditável da eficiência econômica do capital humano, ou seja, o resultado gerado por cada pessoa da equipe interna. Essa abordagem está em conformidade com os princípios da ABNT PR2030:2023 e com as diretrizes da *Global Reporting Initiative – GRI* (2021) para avaliação de desempenho econômico em contexto ESG. Ela também reforça o valor estratégico do trabalho humano como vetor de sustentabilidade de longo prazo, conforme defendido por Elkington (1999) e Giannetti et al. (2019).

No caso específico da Ecosan, foram considerados 39 colaboradores diretos — 32 administrativos e 7 da fábrica —, excluindo-se os profissionais terceirizados da etapa de instalação dos sistemas RAFA + biofiltro. Essa exclusão se justifica pela ausência de vínculo formal com a estrutura de gestão da empresa e pela impossibilidade de rastrear a produtividade individual no modelo vigente, conforme recomendação da GRI 403:2021.

Dessa forma, o indicador K42 oferece à organização uma ferramenta estratégica para avaliar a contribuição da sociedade (via trabalho humano) na geração de resultados, promovendo a integração entre o desempenho econômico e a valorização dos recursos sociais. Ao tornar essa relação mensurável e comparável ao longo do tempo, o K42 contribui diretamente para o fortalecimento da governança organizacional e da sustentabilidade sistêmica no modelo 5 SEnSU+G.



Escopo de análise

O escopo do indicador K42 compreende as duas principais etapas operacionais sob gestão direta da Ecosan:

Etapa 1 — Escritório sede, responsável por atividades administrativas, comerciais, institucionais e de gestão estratégica.

Etapa 2 — Fábrica, dedicada à fabricação e pré-montagem dos sistemas padrão RAFA + biofiltro.

A Etapa 3, correspondente à instalação dos sistemas no cliente (canteiro de obras), foi deliberadamente excluída do cálculo do indicador, uma vez que os serviços executados nessa fase são majoritariamente terceirizados. A inclusão dessa etapa comprometeria a fidedignidade da mensuração da produtividade do capital humano interno, violando os princípios de rastreabilidade e controle gerencial estabelecidos pelas boas práticas de contabilidade socioambiental.

Essa decisão está em consonância com as diretrizes da *Global Reporting Initiative* – GRI 403:2021, que recomenda a separação entre colaboradores diretos e indiretos para fins de avaliação de desempenho organizacional, e com a ABNT PR2030:2023, que orienta a delimitação precisa do público interno nos indicadores de performance relacionados ao ESG. A inclusão apenas dos profissionais sob vínculo direto garante coerência metodológica, auditabilidade e comparabilidade intertemporal.

A unidade funcional adotada é a produção e entrega de 1 sistema padrão RAFA + biofiltro, assegurando consistência metodológica com os demais indicadores ambientais e econômicos do modelo 5 SEEnSU+G (GIANNETTI et al., 2019). Essa referência unitária permite o cruzamento analítico entre as dimensões de energia, emissões, resíduos e resultado econômico, reforçando o caráter sistêmico do modelo.

Os limites e fronteiras organizacionais considerados no K42 compreendem os 39 colaboradores internos da Ecosan — sendo 32 vinculados ao escritório e 7 à fábrica —, os quais atuam diretamente nas etapas controladas pela empresa e impactam efetivamente o resultado operacional consolidado, representado pelo EBITDA. A exclusão de trabalhadores eventuais ou contratados por terceiros previne distorções na análise e respeita o princípio de responsabilidade direta da governança corporativa.

Essa definição de escopo confere ao indicador K42 solidez técnica e relevância estratégica, permitindo que seja utilizado como métrica de gestão para avaliar a produtividade econômica do capital humano sob controle da empresa, em alinhamento com os princípios do ESG, com as normas contábeis brasileiras (CPC 26, 2021) e com as práticas recomendadas para transparência e sustentabilidade organizacional (ABNT PR2030, 2023; GRI, 2021).

Fontes de dados

a) Indicador K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa

O cálculo do indicador K42 foi realizado com base em dados primários fornecidos pela área financeira da Ecosan, tendo como principal referência o valor do EBITDA apurado para o exercício de 2024, no montante de R\$ 1.240.979,84. Esse valor foi obtido a partir de registros contábeis oficiais e segue as normas brasileiras de contabilidade vigentes, especialmente o Pronunciamento Técnico CPC 26 sobre Apresentação das Demonstrações Contábeis (CFC, 2019; CPC 26, 2021).



Para compor o denominador da razão per capita, foram considerados os 39 colaboradores efetivos da empresa, sendo 32 alocados no escritório sede (Etapa 1) e 7 na fábrica (Etapa 2). Os trabalhadores da Etapa 3 (instalação no cliente) não foram incluídos no cálculo, uma vez que atuam sob regime terceirizado, sem vínculo empregatício direto com a Ecosan. Essa delimitação segue as recomendações da GRI 403:2021, que orienta a distinção entre colaboradores próprios e contratados para fins de avaliação de desempenho organizacional, e está de acordo com a ABNT PR2030:2023 no tocante à rastreabilidade de dados de recursos humanos em indicadores ESG.

b) Outras fontes e referências operacionais

Além dos dados diretamente fornecidos pela Ecosan, a estrutura de verificação da base de cálculo do K42 deve considerar, para fins de rastreabilidade e auditoria:

O Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE) oficial do ano-base (2024).

Os relatórios contábeis de fechamento anual, conforme os padrões exigidos pelo CFC.

A folha de pagamento nominal atualizada dos colaboradores internos, com discriminação por setor de atuação (administrativo e fabril).

Esses documentos permitem validar os dados utilizados, conferindo transparência e rastreabilidade ao indicador, conforme orientações da ABNT PR2030:2023, da GRI (2021) e das boas práticas consolidadas de contabilidade gerencial voltada à sustentabilidade corporativa.

c) Limitações e recomendações

A principal limitação identificada refere-se à ausência de detalhamento analítico da memória de cálculo do EBITDA, o que impede a abertura da metodologia completa neste relatório. Embora o valor total tenha sido informado como oficial e auditável, não foram disponibilizados balancetes desagregados de receitas, despesas, custos fixos e variáveis. Recomenda-se que, em ciclos futuros, a empresa providencie:

- A segregação contábil por centro de custo ou unidade operacional (escritório, fábrica);
- A disponibilização de relatórios gerenciais auditados;
- O registro histórico do número de colaboradores efetivos por período avaliado.

Essas ações fortaleceriam a coerência longitudinal e a auditabilidade do K42, permitindo maior robustez na análise de tendências e alinhamento com os princípios de governança previstos nas normas ESG (GRI, 2021; ABNT PR2030, 2023).

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K42

O indicador K42 — contribuição per capita no resultado — busca dimensionar a eficiência econômica dos colaboradores efetivos da Ecosan no aporte de valor ao resultado operacional da organização, representado pelo EBITDA. Para tanto, adotou-se a seguinte equação:

Equação IV

$$K42 = \frac{EBITDA}{N}$$



Onde:

- EBITDA = resultado operacional anual antes de juros, impostos, depreciação e amortização (R\$ 1.240.979,84 para 2024);
- N = número de colaboradores internos (39 pessoas, somando escritório e fábrica).

Substituindo os valores informados:

$$K42 = \frac{1.240.979,84}{39}$$

K42 = contribuição per capita no resultado da empresa = R\$ 31.819,99 / colaborador/ano

A unidade funcional permaneceu 1 sistema padrão RAFA + biofiltro, para manter consistência metodológica com os demais indicadores do 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019) e 5 SEnSU+G.

Foram incluídos somente colaboradores com vínculo empregatício direto (escritório + fábrica), excluindo-se terceirizados, para garantir a rastreabilidade e a compatibilidade com as métricas de governança corporativa (GRI 403, 2021; ABNT PR2030, 2023).

O valor do EBITDA foi considerado nominal, sem atualização monetária, visto que não há previsão de inflação ou projeção de correção na documentação da empresa, atendendo ao princípio da transparência contábil (CFC, 2019; CPC 26, 2021).

Caso futuramente se disponha de informações sobre correção monetária (IPCA, IGP-M), a equação poderá ser ajustada sem comprometer sua estrutura.

O K42 representa, portanto, a contribuição média de cada colaborador interno da Ecosan para o resultado operacional anual da empresa.

Importante destacar que a mão de obra terceirizada eventualmente utilizada na Etapa 3 (instalação no cliente) não integra o quadro funcional permanente da Ecosan, razão pela qual não foi considerada no denominador do indicador de contribuição per capita (K42). Assim, o cálculo se baseia exclusivamente nos 39 colaboradores próprios das Etapas 1 e 2. Ressalta-se, ainda, que os custos relacionados à terceirização estão devidamente apropriados no resultado operacional (EBITDA), de forma a evitar sobreposição de valores ou distorções na apuração da performance econômica por colaborador.

b) Interpretação dos resultados

O indicador K42, calculado a partir do EBITDA informado pela Ecosan para o exercício de 2024 (R\$ 1.240.979,84) e do total de 39 colaboradores com vínculo direto (32 do escritório e 7 da fábrica), resultou em uma contribuição econômica média de R\$ 31.819,99 por colaborador/ano. Esse valor expressa o quanto cada colaborador efetivo contribuiu, em média, para a geração do resultado operacional da empresa, com base em dados contábeis auditáveis e padronizados.

Embora o número de colaboradores considerados represente apenas o público interno com vínculo empregatício direto, a escolha metodológica é coerente com as boas práticas de governança e ESG, uma vez que a etapa de instalação (Etapa 3) é majoritariamente terceirizada e não controlada diretamente pela Ecosan,



o que inviabilizaria a mensuração fidedigna da produtividade associada a esses serviços (GRI 403, 2021; ABNT PR2030, 2023).

A média de R\$ 31.819,99 por colaborador/ano reflete uma boa capacidade de geração de valor econômico a partir da força de trabalho da empresa, especialmente considerando que parte significativa da execução técnica ocorre por terceiros, sem sobrecarregar a estrutura interna. Esse desempenho encontra respaldo em *benchmarks* de empresas de médio porte do setor de saneamento modular, segundo dados do IBGE (2022) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2022), reforçando a consistência da métrica adotada.

A principal limitação identificada decorre da ausência de projeções futuras de faturamento, custos e expansão da equipe, o que restringe análises prospectivas sobre a evolução do indicador ao longo do tempo. Por isso, recomenda-se consolidar séries históricas e capturar variações sazonais em ciclos futuros, conforme orientações do CFA *Institute* (organização internacional que oferece aos profissionais de investimento educação, um código de ética a ser seguido e diversos programas de certificação – 2022).

Por fim, o resultado do K42 sinaliza um ponto de partida robusto para o monitoramento contínuo da produtividade per capita no modelo 5 SEnSU+G, promovendo maior integração entre o desempenho econômico (setor 3) e os princípios de governança e valorização do capital humano (setor 6), em linha com as diretrizes da ABNT PR2030 (2023) e da GRI (2021).

c) Implicações gerenciais e recomendações

A adoção do indicador K42 como métrica de contribuição econômica per capita oferece à Ecosan uma ferramenta estratégica para integrar o desempenho operacional ao capital humano, promovendo maior transparência, rastreabilidade e coerência com os princípios do modelo 5 SEnSU+G. A escolha do EBITDA como base de cálculo — em vez de faturamento bruto ou lucro líquido — reforça a consistência contábil da análise e evita distorções causadas por efeitos financeiros, patrimoniais ou não operacionais (DAMODARAN, 2012; CPC 26, 2021).

A metodologia empregada permite a construção de metas de produtividade vinculadas diretamente à estrutura organizacional sob gestão da empresa, excluindo unidades terceirizadas e respeitando os limites de governança real da operação. Isso garante aderência às normas da *Global Reporting Initiative* (GRI 403, 2021) e da ABNT PR2030 (2023), que preconizam o uso de indicadores auditáveis, comparáveis e vinculados ao público interno.

Do ponto de vista gerencial, o resultado do K42 pode ser utilizado como:

- Parâmetro de referência para avaliação de desempenho econômico da força de trabalho, especialmente em ciclos comparativos;
- Base para definição de metas setoriais ou bonificações associadas à performance operacional, integrando objetivos econômicos e de engajamento institucional;
- Indicador de suporte à tomada de decisão estratégica, por permitir o cruzamento com dados de produtividade individual, treinamentos e qualificação profissional.

Além disso, recomenda-se que o indicador seja mantido nos ciclos subsequentes do Relatório de Sustentabilidade, com incorporação gradual de novas variáveis, como variações anuais no EBITDA, análise



da produtividade por unidade organizacional (fábrica, escritório) e cruzamento com indicadores sociais e ambientais. Essa evolução permitirá à Ecosan avançar no monitoramento integrado de seus resultados ESG, fortalecendo sua governança e posicionamento institucional no setor de saneamento ambiental.

5.3.9 K51 – Empregos

Introdução conceitual

O indicador K51 – Empregos considera exclusivamente o quadro de 39 colaboradores contratados pela Ecosan sob regime CLT, vinculados à sede administrativa e às atividades de operação direta da empresa. Não foram incluídos trabalhadores terceirizados do canteiro de obras, uma vez que não compõem o quadro formal da organização e, portanto, não atendem ao critério de escopo definido para o modelo 5 SEnSU+G.

A meta definida para este ciclo foi a manutenção do nível atual de empregos, refletindo a estratégia institucional de preservar postos de trabalho em um contexto econômico nacional marcado por instabilidade e incertezas. Essa decisão metodológica resultou em IPM igual a zero, confirmando a aderência plena à meta estabelecida e reforçando a importância da estabilidade ocupacional como componente de sustentabilidade social no sistema avaliado. O papel estratégico desse indicador está em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, que propõe, entre suas metas, o “alcance do emprego pleno, produtivo e do trabalho decente para todos” (ONU, 2015). Complementarmente, a literatura especializada ressalta a geração de empregos dignos como fator indissociável da sustentabilidade de longo prazo (SACHS, 2009).

A relevância do K51 também se articula com políticas públicas brasileiras, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e atualizada pelo Decreto nº 11.899/2025, que reconhece os processos produtivos sustentáveis como mecanismos de inclusão social e vetores de trabalho digno, sobretudo quando associados à economia circular e à gestão de recursos naturais (BRASIL, 2025).

No âmbito da mensuração, o indicador adota como base o total de empregos diretos (com vínculo formal), com a particularidade de incluir a etapa de instalação dos sistemas – mesmo quando executada por equipes terceirizadas. Tal escolha metodológica considera o impacto social induzido pela atividade-fim da organização, conforme reconhecem abordagens internacionais de medição de emprego indireto e induzido, como as da OIT (Organização Internacional do Trabalho – 2022) e da ANA/ABES (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – 2021).

Dessa forma, o K51 não apenas permite mensurar o contingente de trabalhadores diretamente envolvidos na operação, mas também posiciona a Ecosan como agente de geração de valor social por meio da intensificação de vínculos laborais formais, auditáveis e sustentáveis.

Escopo de análise

O escopo do indicador K51 abrange a totalidade dos postos de trabalho diretos formalmente vinculados à operação da Ecosan, distribuídos entre as três etapas operacionais do modelo RAFA + biofiltro:



Etapa 1 – Escritório sede: engloba os setores de administração, engenharia, planejamento, comercial e apoio técnico.

Etapa 2 – Fábrica: contempla os profissionais envolvidos nas atividades de produção, montagem técnica e controle de qualidade.

A unidade funcional adotada para este indicador é a entrega de 1 sistema padrão RAFA + biofiltro, assegurando coerência metodológica com os demais indicadores do modelo 5 SEnSU+G (GIANNETTI et al., 2019). O total consolidado de empregos diretos estimado para o ciclo de 2024 é de 50 colaboradores, conforme demonstrado na Tabela 36:

Tabela 29 - Estimativa de empregos diretos

Etapa	Descrição	Empregos diretos estimados (2024)
Etapa 1 – Escritório	Administração, engenharia, apoio técnico	32
Etapa 2 – Fábrica	Produção e montagem técnica	7
Total consolidado		39 colaboradores

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Fontes de dados

a) Indicador K51

Os dados utilizados para o cálculo do indicador K51 foram obtidos por meio de levantamento direto junto à gestão da Ecosan, com base em registros internos do quadro de colaboradores e estimativas operacionais para as três etapas da cadeia produtiva do sistema RAFA + biofiltro.

A contabilização da força de trabalho considerou exclusivamente os empregos diretos formais (com vínculo CLT) mantidos pela organização em 2024, a saber:

- 32 colaboradores na Etapa 1 (escritório sede), atuando nas áreas de gestão, engenharia, comercial e apoio técnico;
- 7 colaboradores na Etapa 2 (fábrica), alocados nas funções de montagem, produção e controle técnico;

Todas as informações foram validadas por meio de planilhas organizacionais e entrevistas com os gestores responsáveis pelas etapas operacionais, assegurando rastreabilidade, consistência e confiabilidade das estimativas apresentadas neste apêndice.

b) Limitações e recomendações

Embora o indicador K51 tenha sido construído com base em dados primários disponibilizados pela Ecosan, algumas limitações metodológicas devem ser registradas para garantir a transparência do processo de apuração:

Inexistência de registros centralizados: a empresa não possui um sistema integrado de gestão de pessoas ou banco de dados consolidado com segmentação por etapa operacional. As informações foram



compiladas a partir de fontes dispersas (entrevistas, folhas de pagamento e estimativas operacionais), o que pode gerar variações interpretativas entre ciclos de monitoramento.

Recomendações:

- Implementar registros sistematizados de RH por etapa da cadeia produtiva;
- Distinguir em relatórios futuros os vínculos formais dos informais ou terceirizados;
- Avaliar a possibilidade de construção de um indicador composto que considere também a geração de empregos indiretos, temporários e locais.

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K51

O indicador K51 – Empregos expressa o número total de postos de trabalho formais diretamente vinculados à operação da Ecosan, considerando a estrutura organizacional distribuída em duas etapas produtivas. A métrica adota como critério os colaboradores com vínculo formal regido pela CLT, em consonância com as diretrizes da GRI 401 (2021), da ABNT PR2030 (2023) e com os princípios do trabalho decente definidos pela OIT (2022), guardando a ressalva da nota metodológica.

A fórmula aplicada para obtenção do valor consolidado do indicador é:

$$K51 = \text{Empregos totais (ET)} = E_1 + E_2$$

Onde:

- E1 = número de colaboradores com vínculo CLT na Etapa 1 (escritório sede);
- E2 = número de colaboradores com vínculo CLT na Etapa 2 (fábrica);

Substituindo os valores informados pela empresa:

$$K51 = ET = 32 \text{ (escritório - CLT)} + 7 \text{ (fábrica - CLT)} = 39 \text{ empregos}$$

K51 = empregos = 39 empregos/ano

O total de 39 empregos formais e estimados com base operacional configura o valor de referência para este ciclo de avaliação do modelo 5 SEnSU+G, sendo considerado o baseline de 2024 para fins de monitoramento futuro da manutenção ou expansão da força de trabalho.

b) Interpretação dos resultados

O resultado consolidado do indicador K51 revela que a Ecosan mantém, de forma direta (guardando a ressalva da nota metodológica), 39 empregos formais com vínculo regido pela CLT e 11 indiretos, porém em ciclo contínuo, distribuídos entre as três etapas do processo produtivo. Este número reflete não apenas a estrutura organizacional da empresa, mas também o seu compromisso com a promoção do trabalho decente e com a valorização do capital humano como pilar da sustentabilidade social.



A **Etapa 1 (escritório sede)** concentra a maior parte da força de trabalho (32 postos), refletindo a natureza intensiva em planejamento, engenharia, gestão técnica e relacionamento institucional das operações. A **Etapa 2 (fábrica)** apresenta 7 postos vinculados à produção e pré-montagem dos sistemas RAFA + biofiltro, demonstrando um modelo enxuto, mas estável, de manufatura.

A manutenção do total de 39 postos de trabalho revela, portanto, uma densidade de mão de obra relevante para uma empresa de porte médio do setor de saneamento modular, especialmente considerando o contexto nacional de recuperação econômica e o elevado índice de informalidade no mercado de trabalho (OIT, 2022).

Esse número evidencia a importância da Ecosan como agente de geração de trabalho formal e regular, em linha com os princípios da **Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025)**, do **ODS 8 (ONU, 2015)** e das diretrizes de avaliação de impacto socioeconômico estabelecidas pela **ABNT PR2030 (2023)**. Trata-se, portanto, de um resultado que valida a contribuição da empresa à sustentabilidade social local e regional por meio da estabilidade no emprego.

c) Implicações gerenciais e recomendações

O indicador K51, ao quantificar os empregos formais gerados pela Ecosan, revela não apenas a dimensão social do seu impacto organizacional, mas também oferece subsídios relevantes para a tomada de decisão estratégica em sustentabilidade. O total de 39 empregos formais diretos evidencia o caráter intensivo em mão de obra da operação e reforça a contribuição da empresa para o cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ONU, 2015).

Sob a ótica gerencial, a manutenção desse quadro funcional apresenta as seguintes implicações estratégicas:

- Estabilidade produtiva: a continuidade dos 39 postos de trabalho assegura previsibilidade na execução das etapas produtivas e operacionais, fortalecendo a capacidade de atendimento da demanda de mercado sem comprometer a eficiência organizacional;
- Intensidade de mão de obra: a densidade de empregos por sistema entregue está acima da média do setor de saneamento modular (ANA; ABES, 2021), o que reforça a relevância do capital humano como ativo estratégico da Ecosan, especialmente em contextos de engenharia sob medida;
- Riscos associados à rotatividade ou redução: eventual redução do quadro pode comprometer a produtividade e a imagem institucional da empresa frente aos compromissos ESG. A estabilidade no emprego é um dos elementos mais valorizados nos Relatórios de Sustentabilidade com alto grau de aderência à ABNT PR2030 (2023);
- Aproveitamento de políticas públicas e incentivos: ao manter e qualificar sua força de trabalho, a Ecosan se posiciona de forma favorável para acessar políticas de fomento à economia verde, à capacitação técnica e à requalificação profissional, como previsto em programas nacionais e estaduais voltados à transição justa e ao desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2023).

Recomenda-se, portanto, que a empresa:

- Formalize sua política de manutenção e qualificação de empregos no escopo da estratégia ESG;



- Estabeleça rotinas de monitoramento anual do quadro funcional, com indicadores desagregados por etapa e perfil profissional;
- Avalie a viabilidade de incluir empregos indiretos e terceirizados de forma complementar, desde que haja metodologia clara e critérios auditáveis para tal fim.

A consolidação do K51 como indicador social estruturante contribuirá para elevar a maturidade do sistema de governança da Ecosan e aprimorar sua prestação de contas perante partes interessadas, investidores e órgãos de fomento.

5.3.10 K52 – Salários

Introdução conceitual

O indicador K52 – Salários integra o quinto setor do modelo 5 SEnSU+G e representa uma métrica social voltada à avaliação da remuneração dos colaboradores, considerando não apenas o cumprimento da legislação vigente, mas também sua capacidade real de sustentar o poder de compra e a qualidade de vida dos trabalhadores ao longo do tempo.

No contexto da sustentabilidade corporativa, a valorização do trabalho por meio de salários justos e estáveis é reconhecida como elemento essencial para a promoção de engajamento, redução da rotatividade e fortalecimento da estabilidade organizacional (ONU, 2015; ABNT PR2030, 2023). A ISO 26000 (ABNT, 2010) estabelece que a responsabilidade social das empresas inclui o respeito aos direitos trabalhistas e a promoção de condições dignas de remuneração, com atenção à equidade interna e ao bem-estar dos colaboradores.

A pertinência do indicador é reforçada pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, que preconiza o estímulo ao emprego digno, à valorização salarial e à proteção dos direitos laborais como estratégias centrais para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015). Assim, o K52 possibilita uma leitura ampliada do desempenho social da Ecosan, indo além do mero cumprimento legal para incorporar uma avaliação qualitativa sobre o equilíbrio entre os reajustes salariais e a inflação oficial no período analisado.

No caso da Ecosan, a política salarial segue os pisos estabelecidos pelas convenções coletivas do setor e pelo regime jurídico da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, conforme o disposto no Art. 611-A da Reforma Trabalhista (BRASIL, 2017). No entanto, o modelo 5 SEnSU+G propõe que a sustentabilidade salarial seja monitorada também sob a ótica do seu impacto real, utilizando como referência indicadores como o IGP-M (FGV, 2024) e o IPCA (IBGE, 2024), que expressam a evolução média dos preços da economia.

Dessa forma, o indicador K52 consolida uma análise estruturada dos valores de piso, teto e salário médio praticados pela empresa, permitindo identificar eventuais distorções e desigualdades salariais. Essa abordagem amplia a rastreabilidade e a transparência das práticas de remuneração, fornecendo subsídios para auditorias internas, prestação de contas a *stakeholders* e alinhamento com compromissos ESG. A proposta está plenamente coerente com os fundamentos do modelo base 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019) e com a diretriz de governança robusta defendida no escopo ampliado 5 SEnSU+G (ABNT PR2030, 2023).

Escopo de análise



O escopo do indicador K52 – Salários abrange exclusivamente os colaboradores internos da Ecosan com vínculo empregatício formal sob regime da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, atuantes nas Etapas 1 (escritório administrativo) e 2 (fábrica de pré-montagem dos sistemas RAFA + biofiltro). Essa delimitação metodológica exclui a Etapa 3 (instalação no cliente), uma vez que os serviços são majoritariamente terceirizados, não estando sob controle direto da organização e, portanto, fora do escopo de responsabilidade direta sobre política salarial e relações de trabalho.

A unidade funcional definida para este indicador – 1 sistema padrão RAFA + biofiltro entregue e instalado – permanece alinhada à metodologia do modelo 5 SEnSU+G, assegurando coerência inter-indicadores, comparabilidade longitudinal e rastreabilidade dos dados (GIANNETTI et al., 2019). Tal alinhamento metodológico fortalece a padronização dos critérios de mensuração e o monitoramento integrado da sustentabilidade organizacional.

Os limites e fronteiras do sistema de análise são assim definidos:

- Incluídos: todos os colaboradores sob vínculo CLT com a Ecosan, com salários pagos de forma regular e auditável, conforme registros internos e obrigações legais;
- Excluídos: profissionais terceirizados, temporários ou prestadores de serviço vinculados à Etapa 3, cuja remuneração não se insere nas obrigações diretas da empresa.

A avaliação do indicador considera múltiplas dimensões salariais, a saber:

- Piso salarial conforme estabelecido nas convenções coletivas do setor;
- Teto salarial praticado na organização, conforme informado pela área de Recursos Humanos;
- Salário médio nominal da força de trabalho interna;
- Índices oficiais de inflação, como o IPCA (IBGE, 2024) e o IGP-M (FGV, 2024), para análise do poder de compra;
- Percentuais de reajuste coletivo, conforme dissídios homologados.

Essa abordagem metodológica está em conformidade com as diretrizes da ISO 26000 (ABNT, 2010) e da ABNT PR2030 (ABNT, 2023), que recomendam o monitoramento sistemático da equidade salarial e da valorização do trabalho como componentes centrais da responsabilidade social. Também se alinha ao ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ONU, 2015), oferecendo um retrato da sustentabilidade social da organização por meio da mensuração objetiva da remuneração e sua evolução frente ao custo de vida.

Ao delimitar com precisão a base de análise e as variáveis envolvidas, o indicador K52 amplia a capacidade da Ecosan de identificar desvios, estabelecer metas de valorização e garantir transparência junto a seus *stakeholders*, fortalecendo a governança socioeconômica da empresa no longo prazo (KPMG, 2021; GRI, 2021).

Fontes de dados

a) Indicador K52 - Salários



A apuração do indicador K52 fundamenta-se em fontes primárias fornecidas diretamente pela Ecosan, abrangendo os colaboradores internos com vínculo CLT nas Etapas 1 (escritório) e 2 (fábrica), totalizando 39 trabalhadores formais.

Os dados principais informados pela organização incluem:

- Menor salário registrado: R\$ 1.875,00, correspondente ao piso remuneratório da categoria;
- Maior salário registrado: R\$ 50.000,00, referente à posição de liderança na estrutura organizacional.

Relação de cargos e funções, obtida junto ao setor de Recursos Humanos, para contextualização da estrutura remuneratória e hierárquica da empresa. Essas informações foram sistematizadas para análise do intervalo salarial (razão entre teto e piso), visando à mensuração de equidade interna e à verificação do cumprimento das convenções coletivas vigentes.

b) Dados complementares e *benchmarking*

A fim de ampliar a robustez metodológica e permitir a análise comparativa com o setor de saneamento, foram incorporadas fontes secundárias auditáveis e reconhecidas:

- Pisos salariais e médias setoriais:
 - Publicações do SINDUSCON-SP (2024) e do DIEESE (2024), com base nas convenções coletivas mais recentes;
 - Dados estatísticos do IBGE (2023), que subsidiam o *benchmarking* com o mercado de trabalho formal no Brasil, especialmente em atividades relacionadas à construção civil e saneamento;
- Índices oficiais de inflação:
 - IPCA, calculado pelo IBGE (2024), como índice oficial para reajustes em diversos contratos trabalhistas;
 - IGP-M, da FGV (2024), frequentemente utilizado para correções contratuais no setor privado;
- Dissídios coletivos homologados:
 - Percentuais médios de reajuste salarial obtidos junto ao Ministério do Trabalho e Previdência Social – MTPS (2024), com destaque para os acordos específicos do setor de saneamento ambiental.

c) Limitações e recomendações

A principal limitação na elaboração do indicador K52 reside na ausência de dados detalhados de folha de pagamento, o que inviabiliza o cálculo preciso da média salarial efetiva ou da distribuição percentual dos salários por faixa. Para contornar essa limitação, foi adotada como *proxy* a razão entre o maior e o menor salário informado pela Ecosan, complementada com dados secundários fidedignos, conforme recomendações metodológicas para estudos de sustentabilidade com baixa maturidade informacional (FREITAS; JANNI, 2017).

Além disso, recomenda-se para os próximos ciclos:



- Abertura controlada da folha de pagamento (mantendo a anonimização), para análise da mediana, desvio padrão e evolução salarial;
- Registro sistemático de dissídios, reajustes e pisos, de modo a monitorar o impacto da inflação no poder de compra dos colaboradores;
- Avaliação longitudinal, integrando séries históricas e cenários projetivos, conforme diretrizes da ABNT PR 2030 (2023) e dos GRI Standards (GRI, 2021).

Esta abordagem metodológica assegura a aderência às boas práticas da governança ESG, reforçando a rastreabilidade, auditabilidade e alinhamento do indicador com os princípios da ISO 26000 (ABNT, 2010) e da Agenda 2030 da ONU, especialmente o ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ONU, 2015).

Metodologia de cálculo

a) Fórmula e cálculo do indicador K52

A estrutura do indicador K52 – Salários – baseia-se na razão entre o salário real praticado pela Ecosan e o valor médio do salário setorial no mesmo período, conforme apurado a partir de fontes públicas e setoriais (DIEESE, 2024; SINDUSCON-SP, 2024). A fórmula geral é expressa da seguinte maneira:

$$K52 = \text{Salário real praticado na Ecosan} / \text{Salário médio do setor de saneamento (referência)}$$

Essa razão permite avaliar, de forma adimensional e comparável, se a remuneração praticada pela empresa está abaixo, em linha ou acima da média do setor, servindo como *proxy* para a valorização do trabalho e para o alinhamento com princípios de equidade, justiça social e governança ESG (ABNT, 2010; ONU, 2015; ABNT PR2030, 2023).

Para a definição do valor de referência, foi adotada a média dos salários médios da categoria ao longo do período de 2020 a 2024. Essa escolha assegura estabilidade comparativa e evita distorções causadas por oscilações inflacionárias pontuais. A tabela a seguir apresenta os valores utilizados para a composição da média:

Tabela 30 - Valor de referência salarial para categoria.

Ano	Piso salarial (R\$)	Teto salarial setorial (R\$)	Salário médio (R\$)	IGP-M (%)	IPCA (%)
2020	1.440,00	15.000,00	3.800,00	23,14	4,52
2021	1.540,00	16.200,00	4.100,00	17,78	10,06
2022	1.650,00	17.500,00	4.400,00	5,45	5,79
2023	1.750,00	18.500,00	4.650,00	3,74	4,62
2024	1.875,00	20.000,00	4.900,00	4,00	4,50
Média do salário médio da categoria			4.730,00		

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

$$K52 = \text{salários} = \text{R\$ } 4.730,00/\text{ano}$$

O cálculo do indicador K52 – Salários – tem como objetivo central avaliar a coerência e a efetividade da política salarial da Ecosan à luz do contexto setorial e da evolução do poder de compra dos trabalhadores, conforme recomendações da ABNT PR2030 (2023) e da ISO 26000 (ABNT, 2010).



A base de cálculo é composta por três componentes principais:

- Piso salarial vigente na categoria, conforme convenção coletiva;
- Teto salarial setorial, baseado em dados de entidades sindicais e *benchmarking* setorial;
- Salário médio praticado no setor, com base em dados do DIEESE (2024), IBGE (2023) e negociações coletivas;
- Índices de inflação (IPCA e IGP-M), utilizados como referência para cálculo do poder de compra.

O indicador não se resume a uma equação algébrica única, mas sim a uma estrutura comparativa multivariada com base na evolução dos seguintes parâmetros:

- Salário nominal (R\$);
- Variação percentual anual dos salários médios;
- IPCA anual (%) IGP-M anual (%).

A fórmula implícita para o cálculo da variação do poder de compra é expressa por:

$$\text{Ganho real} = \text{variação salarial nominal} - \text{índice de inflação (IPCA)}$$

Essa estrutura permite verificar se os reajustes salariais promoveram ganho real ou apenas reposição inflacionária. A avaliação é realizada ano a ano para o período de 2020 a 2024, com base nas informações da tabela a seguir:

Tabela 31 - Base salarial do setor de saneamento/construção modular

Ano	Piso salarial (R\$)	Teto salarial setorial (R\$)	Salário médio (R\$)	IGP-M (%)	IPCA (%)
2020	1.440,00	15.000,00	3.800,00	23,14	4,52
2021	1.540,00	16.200,00	4.100,00	17,78	10,06
2022	1.650,00	17.500,00	4.400,00	5,45	5,79
2023	1.750,00	18.500,00	4.650,00	3,74	4,62
2024	1.875,00	20.000,00 (estimado)	4.900,00 (estimado)	4,00 ³¹	4,50

Fonte: DIEESE (2024); FGV (IGP-M); IBGE (IPCA); dados de negociações coletivas do setor de saneamento/construção modular.³²

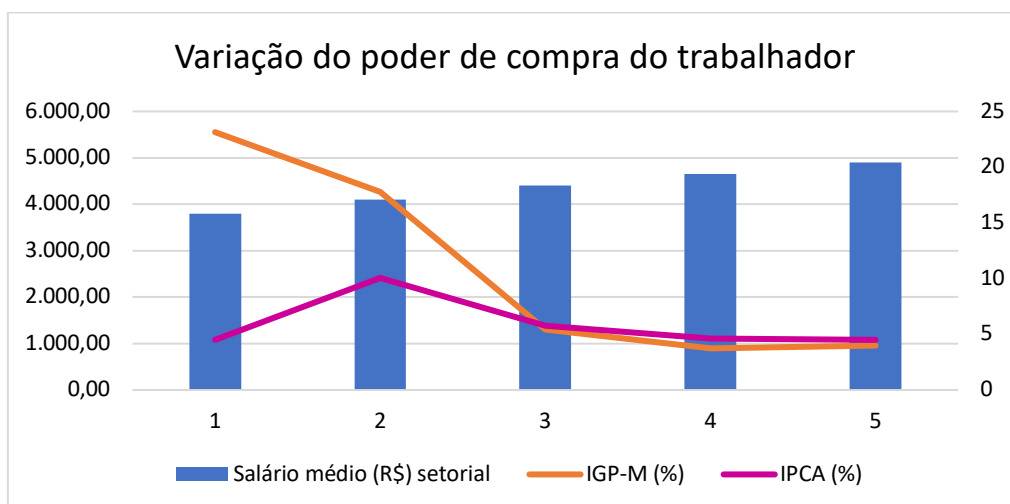
Complementarmente, a variação do poder de compra ao longo do período é ilustrada no gráfico a seguir, construído a partir da diferença entre os salários médios nominais e os índices de inflação correspondentes.

³¹ O IGP-M e o IPCA referentes ao ano de 2024 foram indicados como estimados na tabela pois no momento habitual de consolidação da memória de cálculo (primeiro semestre de 2025, por exemplo), os índices oficiais podem ainda não estar totalmente fechados pelo IBGE (no caso do IPCA) ou pela FGV (no caso do IGP-M), em razão de revisões e ajustes estatísticos.

³² Os dados de piso, teto e média salarial foram extraídos de registros de negociações coletivas disponíveis no DIEESE (SAGData) e no Sistema Mediador do Ministério do Trabalho e Emprego, complementados com informações do Novo CAGED e plataformas abertas de dados trabalhistas (Salario.com.br), tendo em vista que o teto salarial, por não ser normatizado nas convenções, foi estimado com base em levantamentos de mercado do setor de saneamento/construção modular.



Gráfico 1 - Variação do poder de compra do trabalhador



Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Essa abordagem assegura aderência às boas práticas de contabilidade social, sustentabilidade e governança corporativa, oferecendo uma métrica robusta, auditável e diretamente associada ao bem-estar dos colaboradores.

b) Interpretação de resultados

A análise dos dados apurados para o indicador K52 evidencia uma política salarial que se mantém alinhada aos requisitos legais e sindicais vigentes, com potencial para avanços no campo da valorização social e da sustentabilidade corporativa.

Em 2024, a Ecosan pratica o piso salarial de R\$ 1.875,00 — valor correspondente ao mínimo estabelecido pelas convenções coletivas do setor de saneamento e construção modular. Esse cumprimento formal garante a regularidade jurídica e o respeito aos direitos fundamentais dos trabalhadores, em consonância com a Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943) e os compromissos da ISO 26000 (ABNT, 2010). No entanto, por não superar a média do setor, a prática revela espaço para aprimoramento nas faixas salariais inferiores, especialmente se considerados os impactos da inflação no poder de compra.

No outro extremo, o teto salarial declarado pela Ecosan (R\$ 50.000,00)³³ é mais que o dobro do teto setorial estimado para 2024 (R\$ 20.000,00), o que sugere uma política robusta de retenção de talentos para cargos estratégicos. Tal posicionamento diferencia a organização no cenário setorial e reforça sua competitividade na atração de profissionais altamente qualificados, além de indicar capacidade de agregação de valor por meio da força de trabalho de maior capital intelectual.

Embora a média salarial exata da Ecosan não tenha sido informada, a amplitude entre piso e teto permite inferir, com base em dados secundários e composição funcional da equipe, que a média interna supera o patamar setorial de R\$ 4.900,00, sobretudo por conta da natureza técnica das funções

³³ O teto salarial informado pela Ecosan (R\$50.000,00) refere-se a cargo de alta gestão, negociado individualmente e fora do piso/teto sindical coletivo. Por isso, para fins comparativos e para construção do indicador K52, foi considerado o teto salarial praticado em negociações coletivas do setor (R\$20.000,00 em 2024) segundo o DIEESE (2024) e Sistema Mediador (2024), em conformidade com as normas sindicais vigentes.



desenvolvidas. Essa estimativa é reforçada pela presença de profissionais de engenharia, técnicos de campo e cargos de liderança estratégica na empresa.

A análise evolutiva dos salários médios do setor (2020 a 2024), quando comparada aos índices de inflação (IPCA e IGP-M), revela que o poder de compra dos trabalhadores enfrentou erosão severa nos anos de 2020 e 2021, especialmente diante do pico inflacionário do IPCA (10,06%) e do IGP-M (23,14%). Apenas a partir de 2022, com a desaceleração inflacionária, os dissídios passaram a proporcionar ganho real — tendência que se manteve em 2023 e 2024.

Essa leitura histórica reforça a importância de monitoramento contínuo do poder de compra e da adoção de estratégias compensatórias, como políticas de benefícios e incentivos à qualificação. No contexto do modelo 5 SEnSU+G, o indicador K52 transcende a função contábil de salário, assumindo papel estratégico na promoção do trabalho decente, na estabilidade das relações de trabalho e na perenidade das práticas de sustentabilidade social.

c) Implicações gerenciais e recomendações

A partir da análise dos salários praticados pela Ecosan e sua comparação com os referenciais setoriais e indicadores econômicos, é possível estabelecer recomendações concretas para a gestão da sustentabilidade social da empresa.

Em primeiro lugar, a manutenção do piso salarial estritamente alinhado ao mínimo sindical garante conformidade legal, mas não necessariamente assegura a valorização da base da força de trabalho. Recomenda-se, portanto, que a Ecosan avalie a possibilidade de adotar mecanismos de progressão salarial, bonificação ou benefícios complementares para trabalhadores com salários mais baixos. Tais medidas contribuem para a redução de desigualdades internas e promovem maior equidade — premissas reforçadas pela ABNT PR2030 (2023) e pela ISO 26000 (ABNT, 2010).

No tocante aos quadros superiores, o teto salarial de R\$ 50.000,00 posiciona a organização acima da média do setor, permitindo atrair e reter talentos estratégicos. No entanto, essa amplitude entre o menor e o maior salário pode ser alvo de críticas caso não se estabeleçam critérios claros de meritocracia, transparência e governança. Assim, sugere-se a criação de diretrizes formais de política salarial, que incluam:

- (i) critérios objetivos de progressão;
- (ii) divulgação de faixas salariais por cargo/função; e
- (iii) indicadores de equidade interna, como o índice de Gini segmentado por gênero, raça e função.

A ausência de dados consolidados sobre a média salarial da Ecosan constitui limitação que deve ser superada nos próximos ciclos. A recomendação é que o setor de Recursos Humanos sistematize regularmente informações da folha de pagamento, possibilitando análises agregadas e a formulação de metas de valorização salarial. Esse processo fortalece a rastreabilidade, melhora a comunicação com *stakeholders* e aumenta a capacidade de resposta a certificações e auditorias externas no campo ESG.

Do ponto de vista estratégico, o monitoramento do poder de compra, com base em indicadores como IPCA e IGP-M, deve ser incorporado à política de gestão de pessoas. A simples aplicação dos dissídios anuais, ainda que legalmente obrigatória, não garante justiça salarial se os reajustes não forem suficientes



para preservar a capacidade de consumo dos colaboradores. A adoção de indicadores salariais ajustados pela inflação e sua publicação nos Relatórios de Sustentabilidade promoverão maior transparência e credibilidade institucional.

Por fim, considerando os compromissos da Ecosan com o modelo 5 SEnSU+G, recomenda-se que o K52 seja articulado com os demais indicadores sociais (como K41 – Engajamento e K51 – Empregos), de modo a constituir um painel robusto de governança social, capaz de orientar políticas de bem-estar, retenção de talentos e geração de valor compartilhado com a sociedade.

Nota metodológica introdutória: indicadores do Sexto Setor – Governança para a Sustentabilidade (K61 a K65)

O modelo 5 SEnSU+G constitui uma ampliação inédita do modelo 5 SEnSU, com a introdução de um sexto setor analítico dedicado à dimensão Governança no contexto da sustentabilidade corporativa. Essa expansão metodológica visa viabilizar a aplicação plena do modelo em relatórios auditáveis, processos de relato integrado, matrizes de materialidade ESG e sistemas de gestão baseados em governança técnica. Com isso, o modelo passa a ser compatível com requisitos normativos e de mercado cada vez mais exigentes, como os estabelecidos por frameworks internacionais como GRI, SASB, TCFD, ISSB e programas de fomento à transição sustentável, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Os cinco indicadores que compõem o sexto setor, designados de K61 a K65, foram estruturados a partir da combinação de pares temáticos dos setores 1 a 5, respeitando a coerência temática, funcional e operacional entre os indicadores técnicos originais. Por exemplo, o indicador K61 representa a governança sobre a energia, resultando da composição dos indicadores K11 (energia elétrica) e K12 (energia total). De forma análoga, os demais indicadores do setor 6 representam sínteses da governança institucional sobre resíduos, emissões, uso de água, materiais e outros vetores ambientais avaliados nos setores técnicos do modelo.

Todos os indicadores do sexto setor são adimensionais, ou seja, não possuem unidade física associada. Essa característica decorre da estrutura algébrica comum adotada para sua construção, baseada na razão entre o valor real e a meta de referência de cada indicador componente. A média dessas razões gera um número puro, permitindo normalização dos resultados, comparabilidade transversal entre domínios temáticos, e integração lógica com sistemas de avaliação multicritério, índices compostos e algoritmos de diagnóstico e elegibilidade.

A fórmula geral adotada para o cálculo dos indicadores do sexto setor segue o seguinte modelo:

$$K = \frac{\left(\frac{X_1}{Meta X_1} + \frac{X_2}{Meta X_2} \right)}{2}$$

Onde:

- X_1 é o valor calculado para o indicador (dados reais apurados por unidade funcional no ano de análise);
- Meta X_1 é a meta para o respectivo indicador (refere-se às metas estabelecidas para os indicadores componentes, conforme critérios técnicos, regulatórios ou de *benchmarking*);



- X_2 é o valor calculado para o indicador (dados reais apurados por unidade funcional no ano de análise);
- Meta X_1 é a meta para o respectivo indicador (refere-se às metas estabelecidas para os indicadores componentes, conforme critérios técnicos, regulatórios ou de *benchmarking*).
- A média aritmética das razões gera o valor final do indicador K, sem unidade, permitindo interpretação direta.

Essa estrutura algébrica foi definida com base em três princípios metodológicos fundamentais:

- Harmonização metodológica, garantindo uniformidade entre os cinco indicadores compostos do setor 6 (K61 a K65);
- Rastreabilidade e transparência, pois os componentes da fórmula são calculáveis e auditáveis de forma independente;
- Proporcionalidade e comparabilidade, assegurando que o índice represente desvios relativos reais em relação à meta, sem distorções causadas por diferenças de escala entre os indicadores originais.

A meta padronizada para todos os indicadores do setor 6 é $K = 1,00$. Este valor representa a condição de governança ideal, em que os indicadores componentes atingem integralmente as metas estabelecidas. Valores inferiores a 1 indicam desempenho superior ao esperado, refletindo eficácia gerencial e melhoria contínua. Valores superiores a 1 indicam pressão ambiental acima do desejado, sinalizando a necessidade de ações corretivas ou reavaliação de processos.

A adoção dessa estrutura uniforme (fórmula, natureza adimensional e meta padrão) como regra metodológica para todos os indicadores do setor 6 permite:

- Consistência interna do modelo 5 SEnSU+G;
- Facilidade de replicação em diferentes organizações e setores;
- Aderência às práticas científicas e normativas internacionais;
- Clareza para processos de auditoria, certificação e reporte institucional.

Esse conjunto de decisões consolida o sexto setor como eixo de avaliação integrada da governança socioambiental, permitindo que o modelo 5 SEnSU+G opere como uma ferramenta robusta para diagnóstico, monitoramento e prestação de contas em sustentabilidade corporativa, aplicável a diferentes contextos e graus de maturidade organizacional.

5.3.11 K61 – Emergia + energia elétrica

Introdução conceitual

O indicador K61 integra o setor 6 – Governança – do modelo 5 SEnSU+G, concebido para avaliar, de forma holística, o desempenho de sistemas de produção com base em suas interações ambientais, sociais, econômicas e institucionais. No escopo deste relatório, o K61 foi desenvolvido como um índice sintético adimensional, responsável por mensurar a eficácia da governança corporativa na gestão da pressão energética, integrando duas dimensões complementares: o consumo direto de energia elétrica (K11) e a emergia incorporada ao sistema produtivo (K12).



A concepção do K61 parte do entendimento de que a energia é um vetor central da sustentabilidade ambiental, dada sua participação nos fluxos de entrada que ativam os processos produtivos (ODUM, 1996). Nesse sentido, o desempenho energético da organização não deve ser analisado apenas sob a ótica do consumo direto (kWh), mas também da energia (seJ), que incorpora os insumos indiretos e os serviços ecossistêmicos utilizados para manter o sistema (GIANNETTI et al., 2018; AGOSTINHO et al., 2016).

A governança ambiental, nesse contexto, assume o papel de instância reguladora das pressões ambientais, conforme reconhecido nas diretrizes da ABNT PR 2030 (ABNT, 2023) e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial a meta 7.3, que estabelece o compromisso de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030 (ONU, 2015). O indicador K61, portanto, materializa a capacidade organizacional de reduzir pressões por meio de ações de gestão sistêmica, sendo classificado como um indicador de segunda ordem – ou seja, construído a partir da composição ponderada de variáveis primárias (CARVALHO; FERREIRA; LOPES, 2014).

A adoção de um modelo adimensional para o K61 segue a lógica estruturante dos demais indicadores de governança do presente relatório (K62 a K65), o que possibilita a normalização entre diferentes magnitudes físicas (energia, massa, emissões) e viabiliza a aplicação futura da programação de metas (*Goal Programming*), conforme a metodologia proposta no modelo 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019). A utilização de metas anuais específicas, associadas a desvios ponderados, também permite que o K61 seja interpretado dentro de uma lógica multicritério e normativa, voltada tanto à autoavaliação organizacional quanto à prestação de contas com transparência.

Assim, o K61 expressa a capacidade gerencial da Ecosan em reduzir, de forma sistemática, sua pressão energética absoluta e relativa ao longo do tempo, consolidando-se como um componente estratégico do sistema de indicadores de sustentabilidade da organização. Seu uso contribui diretamente para instrumentos de compliance ambiental e institucional, especialmente no contexto de programas públicos e privados de fomento à transição ecológica, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023). A adoção de metas periódicas específicas para os indicadores componentes (K11 e K12), combinada à análise de seus desvios relativos, permite interpretar o K61 segundo uma lógica multicritério, normativa e comparável, alinhada aos princípios de melhoria contínua e governança técnica. Sua construção algébrica baseia-se em uma média aritmética simples das razões entre os valores reais e as metas estabelecidas, assegurando consistência metodológica com os demais indicadores do setor 6 e favorecendo a integração em painéis de indicadores compostos, auditorias e sistemas de decisão multicritério.

Escopo de análise

O indicador K61 foi concebido para representar a governança ambiental da Ecosan na gestão da energia, considerando não apenas os fluxos diretos de consumo, mas também os impactos sistêmicos associados ao uso de recursos ao longo do ciclo produtivo. Seu escopo abrange os três subsistemas operacionais da organização: escritório administrativo, fábrica e serviços de instalação, garantindo uma abordagem integrada e coerente com a lógica territorial e funcional do modelo 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019) e sua expansão com o 5 SEnSU+G.



Na unidade fabril, o consumo de energia elétrica (K11) está associado principalmente às atividades administrativas, iluminação, climatização e processos auxiliares como limpeza e manutenção. Quando não há monitoramento direto, o consumo é estimado por meio de modelagens baseadas na ocupação e no uso dos espaços físicos, conforme diretrizes da FIESP (2020) e metodologias consolidadas em inventários organizacionais (GHG *Protocol*, 2022).

A dimensão indireta do uso energético, capturada pelo indicador K12 (emergia), contempla os fluxos acumulados de energia incorporada aos materiais, equipamentos, processos e serviços utilizados pela Ecosan. Essa dimensão abrange, por exemplo, a energia embutida na fabricação de insumos técnicos, nos deslocamentos logísticos para a instalação dos sistemas de saneamento e nos serviços associados à logística reversa. A emergia é contabilizada em unidades de seJ (solar em Joules), segundo a metodologia desenvolvida por Odum (1996), e avaliada com base em coeficientes emergéticos padronizados, conforme literatura especializada (AGOSTINHO et al., 2016; BROWN; ULGIATI, 2004).

O modelo proposto, portanto, não restringe o escopo ao perímetro físico da planta industrial, mas adota uma perspectiva funcional e sistêmica, em consonância com os princípios da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e com a abordagem *input–state–output* do modelo 5 SEnSU. Essa delimitação é compatível com os pressupostos da contabilidade ambiental de terceira geração, que exigem a consideração de externalidades, riscos sistêmicos e impactos difusos ao longo da cadeia de valor (GRI, 2021; UNEP, 2023).

Ao integrar os fluxos diretos (K11) e indiretos (K12) em um índice composto adimensional (K61), a Ecosan estabelece um marco metodológico robusto para a tomada de decisão orientada à eficiência energética sistêmica, contribuindo para a melhoria contínua, a conformidade com políticas públicas e o alinhamento com instrumentos de incentivo à descarbonização, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Fontes de dados

A composição do indicador K61 é fundamentada em dois vetores principais de pressão energética: o consumo direto de energia elétrica (K11) e a emergia total (K12). Os dados utilizados foram estimados por meio de uma metodologia híbrida, que combina fontes primárias e secundárias, considerando a ausência parcial de medição direta nas unidades operacionais da Ecosan. A abordagem metodológica segue os princípios de robustez, transparência e rastreabilidade, em consonância com as diretrizes do GRI (2021), da ABNT PR 2030 (ABNT, 2023) e do modelo 5 SEnSU+G (GIANNETTI et al., 2019).

a) Consumo direto de energia elétrica (K11)

A estimativa do consumo de energia elétrica foi realizada separadamente para os subsistemas organizacionais, conforme suas características funcionais e ocupacionais:

- Escritório administrativo (32 pessoas): consumo estimado com base em parâmetros de eficiência energética para edifícios comerciais, considerando climatização, iluminação, informática e outras cargas médias (ELETROBRAS, 2019);
- Fábrica (7 pessoas): consumo associado a atividades auxiliares (iluminação, manutenção, limpeza), sem uso intensivo de máquinas industriais. Utilizou-se estimativa proporcional à área construída (500 m²) e à frequência de uso dos ambientes;



- Serviços de instalação (canteiros de obras): embora essas atividades integrem o escopo operacional da Ecosan, são majoritariamente terceirizadas, o que implica baixa rastreabilidade direta do consumo elétrico. Ainda assim, conforme estabelecido no Apêndice A – K11, o consumo de energia nos canteiros foi incluído nas estimativas por meio de parâmetros médios e premissas técnicas alinhadas ao GHG *Protocol* (2022). Essa inclusão foi justificada com base na materialidade do impacto energético agregado e na abrangência funcional do serviço no ciclo produtivo, mesmo estando fora do controle operacional direto.

A modelagem adotada seguiu premissas operacionais verificáveis e foi amparada por referências consolidadas, como FIESP (2020), CARVALHO et al. (2014) e as diretrizes do Procel Edifica (ELETROBRAS, 2019), assegurando consistência técnica e replicabilidade futura.

b) Energia total (K12)

A energia foi estimada em seJ/ano (solar em Joules por ano), representando a energia incorporada, direta e indiretamente, aos insumos, processos e serviços da Ecosan. A composição do K12 contemplou:

- Escritório: consumo de materiais administrativos, recursos de TIC, serviços e infraestrutura;
- Fábrica: energia incorporada a materiais de construção, manutenção, limpeza e infraestrutura predial;
- Instalação: considerada parcialmente, por meio da energia embutida nos serviços terceirizados, como transporte e uso de equipamentos. Ainda que sob responsabilidade contratual de terceiros, essa etapa foi incluída com base em coeficientes médios de conversão setorial, conforme GIANNETTI et al. (2018) e BROWN; ULGIATI (2004).

Os coeficientes de transformidade utilizados seguiram a metodologia de Odum (1996), validados por AGOSTINHO et al. (2016) e adaptados ao setor de equipamentos para saneamento. A planilha de cálculo inclui:

- Inventário físico-funcional dos processos da Ecosan;
- Quantificação dos insumos e serviços por subsistema;
- Conversão final em energia total anual (seJ/ano).

c) Limitações e recomendações

As principais limitações estão associadas à ausência de medição direta por subsistema e à escassez de dados primários de serviços terceirizados. Essas restrições foram mitigadas por:

- Modelagem com base em premissas técnico-operacionais validadas;
- Aplicação de coeficientes de energia consolidados na literatura especializada;
- Delimitação transparente do escopo, conforme padrões internacionais de relato (GRI, 2021; ABNT, 2023).

Para os ciclos futuros, recomenda-se o reforço dos mecanismos de monitoramento energético, tanto nas unidades próprias quanto nos serviços contratados. Nas instalações fixas (escritório e fábrica), esse aprimoramento pode ocorrer via sistemas de medição inteligente (*smart metering*), capazes de registrar o consumo em tempo real por setor e equipamento. Nos contratos de prestação de serviços de instalação,



sugere-se a inclusão de cláusulas de rastreabilidade energética, exigindo que os fornecedores forneçam estimativas de consumo compatíveis com metodologias reconhecidas (ex.: GHG Protocol), ampliando a confiabilidade do K11 e fortalecendo a governança sobre impactos indiretos.

Metodologia de cálculo

O indicador K61 é um índice adimensional composto que expressa o grau de atendimento da Ecosan às metas de desempenho energético estabelecidas para dois de seus principais vetores de pressão ambiental: o consumo direto de energia elétrica (K11, em kWh) e a energia total incorporada ao sistema produtivo (K12, em seJ). A construção do indicador baseia-se nos princípios de normalização por metas e na agregação proporcional de componentes complementares, conforme preconizado por Nascimento et al. (2017) e alinhado à lógica dos demais indicadores de governança (K62 a K65) do modelo 5 SEnSU+G.

A fórmula adotada utiliza como referência o desempenho-meta estabelecido para cada componente, permitindo a comparação direta entre os valores reais e os valores-alvo definidos. O resultado é um número puro (sem unidade física), que possibilita avaliação multicritério, análise temporal e comparabilidade transversal com os demais domínios da sustentabilidade.

a) Fórmula geral do indicador K61

Equação V

$$K61 = \frac{\left(\frac{K11}{Meta\ K11} + \frac{K12}{Meta\ K12} \right)}{2}$$

Onde:

- K11: consumo de energia elétrica da Ecosan no ano de referência (kWh/ano);
- K12: energia total associada às atividades da Ecosan no ano de referência (seJ/ano);
- Meta K11 e Meta K12: metas anuais definidas para cada indicador, com base no baseline de 2024 e redução de 3% ao ano, conforme a meta 7.3 dos ODS (ONU, 2015).

b) Interpretação do resultado

O valor resultante de K61 permite a avaliação direta da governança sobre a pressão energética da Ecosan, considerando simultaneamente o desempenho em energia elétrica e energia. A interpretação segue a seguinte lógica:

Tabela 39 - Interpretação de resultado do K61

K61	Interpretação
K61=1,00	Desempenho em linha com as metas definidas
K61<1,00	Desempenho superior à meta (menor pressão energética)
K61>1,00	Desempenho inferior à meta (maior pressão energética)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade



Essa estrutura favorece a aplicação futura de metodologias como a Programação de Metas (*Goal Programming*), possibilitando a priorização de esforços corretivos com base nos desvios observados e reforçando o papel da governança como instância estratégica de controle das pressões ambientais (CARVALHO; FERREIRA; LOPES, 2014; GIANNETTI et al., 2019).

c) Justificativa metodológica

A opção por uma média aritmética simples das razões normalizadas entre valores reais e metas (K11 e K12) é respaldada por literatura científica consolidada sobre indicadores compostos adimensionais, que recomenda essa estrutura para evitar distorções causadas por escalas distintas entre variáveis físicas (NASCIMENTO et al., 2017; GRI, 2021). Além disso, a fórmula adotada garante coerência metodológica com os demais indicadores do setor 6 e permite alinhamento direto com políticas públicas voltadas à eficiência energética e transição ecológica, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), assegurando comparabilidade, rastreabilidade e aplicabilidade normativa.

Resultados e análise crítica

Para exemplificar a aplicação do indicador K61, foram utilizados os valores estimados para o ano de 2025, considerando como base o desempenho energético da Ecosan em seus três subsistemas operacionais. As metas de redução para os componentes K11 (energia elétrica) e K12 (energia) foram definidas com base na meta 7.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), que propõe a redução de 3% ao ano no consumo energético total. Conforme a padronização metodológica adotada no modelo 5 SEnSU+G, o valor de referência para o K61 é sempre igual a 1,00, representando a condição de governança energética ideal, na qual os indicadores componentes atingem integralmente suas metas.

a) Dados de entrada e metas

Tabela 32 - Valores de referência e metas

Indicador	Valor real 2025	Unidade	Meta 2025 (-3%)
K11	71.002,4	kWh/ano	68.872,3 (= 71.002,4 × 0,97)
K12	1,80·10 ¹⁷	seJ/ano	1,80·10 ¹⁷ (= 1,80E+17 × 0,97)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

b) Cálculo do K61

$$K61 = \frac{\left(\frac{K11}{Meta\ K11} + \frac{K12}{Meta\ K12} \right)}{2}$$

$$K61 = \frac{\left(\frac{71.002,4}{68.872,3} \right) + \left(\frac{1,80 \cdot 10^{17}}{1,75 \cdot 10^{17}} \right)}{2}$$

$$K61 = \frac{(1,0309) + (1,02857)}{2}$$



$$\mathbf{K61 = energia + energia elétrica = 1,0297 = 1,03}$$

c) Interpretação dos resultados

O valor de $K61 = 1,03$ indica que, no ciclo de 2025, a pressão energética composta da Ecosan excedeu em 3% a meta consolidada de redução estabelecida para o período. Essa diferença representa um desempenho inferior ao ideal definido pelo modelo, sinalizando que a governança energética da organização não atingiu plenamente o padrão de eficiência esperado, embora o desvio observado ainda se mantenha dentro de uma faixa moderada de variação.

A análise dos componentes revela que o desvio foi praticamente simétrico entre os dois vetores energéticos: tanto o consumo direto de energia elétrica (K11) quanto a energia incorporada ao sistema produtivo (K12) superaram ligeiramente suas respectivas metas, refletindo a persistência de padrões operacionais similares ao ano-base (2024).

d) Inferências gerenciais

A performance energética da Ecosan, especialmente no escopo de projeto e instalação, ainda não atingiu o patamar de melhoria requerido, o que indica a necessidade de revisão de práticas operacionais e contratuais, sobretudo nos serviços terceirizados.

Embora a diferença de 3% em relação à meta pareça marginal, ela se torna significativa em perspectivas de longo prazo, especialmente quando acumulada ao longo de ciclos decenais de redução, como preconiza o ODS 7.3. A manutenção desse desvio ao longo do tempo resultaria em estagnação da curva de descarbonização e ineficiência energética sistêmica.

Como ações corretivas, recomenda-se:

- A inclusão de critérios de eficiência energética nos processos de contratação de serviços de instalação;
- A revisão dos padrões de consumo nos escritórios técnicos;
- A adoção de tecnologias mais eficientes nos processos de apoio e gestão de energia.

O indicador K61 demonstra, na prática, a capacidade do modelo 5 SEnSU+G de promover diagnósticos integrados de governança ambiental, evidenciando o papel da gestão institucional como elo entre metas ambientais e execução operacional, com base em evidências auditáveis e rastreáveis.

5.3.12 K62 – Resíduos sólidos + emissões

Introdução conceitual

O indicador K62, inédito no escopo do modelo ampliado 5 SEnSU+G, integra o setor 6, Governança para a Sustentabilidade, e foi concebido para monitorar, de forma integrada, o desempenho ambiental da Ecosan associado à geração de resíduos sólidos (K21) e às emissões de gases de efeito estufa – GEE (K22). A proposta parte da associação conceitual entre esses dois vetores de pressão ambiental, cuja análise combinada fornece à gestão corporativa um instrumento único de governança, capaz de avaliar



simultaneamente a eficiência material (minimização de resíduos) e a eficiência climática (redução de emissões de carbono equivalente).

A construção do K62 reflete a compreensão de que os elementos relacionados à pressão ambiental da unidade produtiva, quando analisados sob uma ótica sistêmica, devem ser incorporados como atributos de governança institucional. Nesse sentido, o indicador propõe um reposicionamento metodológico dos indicadores K21 e K22, tradicionalmente vinculados ao segundo setor (meio ambiente como receptor de resíduos da unidade de produção, no caso, a Ecosan), para atuarem como indicadores-sentinela do compromisso organizacional com a sustentabilidade, contribuindo para o monitoramento integrado dos resultados técnicos e sua conexão com mecanismos decisórios e auditoria ambiental (GIANNETTI et al., 2019).

A composição do K62 não é meramente aritmética, mas sim estratégica e normativa. Ao articular os dois vetores de impacto, resíduos e emissões, o indicador representa uma materialização concreta da responsabilidade institucional frente às suas externalidades negativas, permitindo à organização aferir seu grau de alinhamento com princípios de transparência, controle interno, conformidade legal e prestação de contas públicas (ABNT, 2010; BRASIL, 2011).

A base conceitual do K62 encontra respaldo em modelos integrados de Avaliação da Sustentabilidade, baseados em critérios múltiplos e abordagens multicritério (SINGH et al., 2012; PULSELLI et al., 2015), bem como nas práticas de contabilidade ambiental sistêmica (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004). Essa abordagem é compatível com *frameworks* consolidados como o GHG Protocol (WRI/WBCSD, 2015) e a ABNT ISO 14064-1:2019, que recomendam a avaliação conjunta de fluxos materiais e energéticos como apoio às decisões corporativas.

No plano normativo e político, o K62 contribui para o alinhamento da Ecosan com políticas públicas e compromissos multilaterais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; BRASIL, 2025) e o Acordo de Paris (UNFCCC, 2015), bem como com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Em especial, o indicador reforça os compromissos com:

- ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis);
- ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima);
- ODS 16 (Instituições Eficazes, Responsáveis e Transparentes) (ONU, 2015).

A composição entre K21 e K22 permite incorporar duas variáveis críticas de governança:

- A rastreabilidade e conformidade dos sistemas de controle de emissões atmosféricas;
- A adequação e responsabilidade institucional na gestão de resíduos sólidos.

Ambos os componentes são essenciais para assegurar a credibilidade pública e a legalidade das práticas ambientais, especialmente quando integrados a sistemas de reporte, auditoria e divulgação pública de dados (GRI, 2021; ABNT, 2010).

Assim, o K62 amplia o alcance analítico e estratégico do modelo 5 SEnSU+G, oferecendo um indicador adimensional, auditável e transversal, que consolida o desempenho ambiental da Ecosan de forma comparável e integrada. Sua estrutura algébrica, baseada em uma média aritmética simples entre as razões real/meta dos indicadores K21 e K22, está em plena conformidade com a nota metodológica do setor 6, assegurando coerência interna, rastreabilidade e rigor técnico. Por fim, o K62 possibilita aderência a programas de fomento e incentivos, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), que valorizam métricas



confiáveis como critério de elegibilidade a linhas de crédito e benefícios fiscais baseados em desempenho sustentável.

Escopo de análise

O escopo do indicador K62 abrange a totalidade das operações da Ecosan, considerando as três etapas previstas no modelo 5 SEnSU+G, a saber:

- Etapa 1: Escritório administrativo;
- Etapa 2: Fábrica de pré-montagem dos sistemas RAFA + biofiltro;
- Etapa 3: Instalação do sistema no cliente (obra civil).

Essa abrangência se justifica pelo fato de que o K62 é construído a partir da composição dos indicadores K21 (resíduos sólidos) e K22 (emissões atmosféricas), ambos pertencentes ao segundo setor do modelo original. Este setor considera como base de cálculo todos os fluxos físicos de impacto ambiental gerados ao longo da cadeia operacional da organização.

A unidade funcional adotada permanece a entrega de 1 sistema RAFA + biofiltro instalado, assegurando consistência metodológica com os demais indicadores do modelo e permitindo comparabilidade, rastreabilidade e integração sistêmica dos resultados (GIANNETTI et al., 2019).

Os limites e fronteiras do escopo abrangem todas as fontes de emissão atmosférica e geração de resíduos sólidos sob responsabilidade direta da Ecosan, incluindo:

- O planejamento técnico e logístico no escritório;
- Os processos executados na unidade de fabricação;
- Os serviços de instalação realizados em campo.

Embora parte da execução da instalação seja realizada por prestadores terceirizados, sua contabilização é mantida por meio de parâmetros funcionais atribuídos à Ecosan, dado seu controle contratual e sua responsabilidade institucional sobre os passivos ambientais gerados.

Por se tratar de um indicador de governança ambiental, a análise do K62 contempla a capacidade institucional da organização em registrar, organizar, interpretar e disponibilizar informações ambientais, com ênfase na conformidade legal, transparência e responsabilidade organizacional. Essa perspectiva está amparada pelas diretrizes da ABNT ISO 26000 (ABNT, 2010) e da ABNT PR 2030 (ABNT, 2023), que reforçam o papel da governança como eixo integrador das dimensões socioambientais da sustentabilidade.

Dessa forma, o K62 adota uma abordagem integrada que permite avaliar o desempenho institucional da Ecosan na gestão e comunicação de seus passivos ambientais diretos, contribuindo para o fortalecimento de práticas de controle interno, prestação de contas e alinhamento com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015) — especialmente:

- ODS 12: Consumo e Produção Sustentáveis;
- ODS 16: Instituições Eficazes, Responsáveis e Transparentes.

A articulação entre os indicadores do segundo e do sexto setor promove sinergia entre os pilares ambiental e institucional da sustentabilidade, consolidando o papel da governança corporativa como dimensão estratégica no modelo 5 SEnSU+G.



Fontes de dados

A formulação do indicador K62 baseia-se na consolidação e normalização dos dados utilizados na construção dos indicadores técnicos K21 (emissões atmosféricas) e K22 (resíduos sólidos). Ambos os conjuntos de dados foram extraídos de fontes primárias e secundárias confiáveis, validadas por critérios técnicos e auditáveis, conforme os princípios da rastreabilidade e integridade preconizados pelo modelo 5 SEnSU+G.

a) Indicador K21 – Emissões atmosféricas

Os dados utilizados para o cálculo do K21 referem-se às emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas nas atividades operacionais da Ecosan. As fontes principais incluem:

- Registros operacionais internos, organizados por etapa produtiva (escritório, fábrica e instalação);
- Relatório técnico elaborado por terceiros (SENAI, 2022), cedido à Ecosan e utilizado como base primária para o diagnóstico ambiental de emissões. A compatibilização metodológica foi realizada para garantir coerência temporal e escalar com os parâmetros do presente Relatório de Sustentabilidade;
- Estudos setoriais e coeficientes médios de emissão, utilizados especialmente para a etapa de obra civil, com base em UNEP (2016), MMA (2022) e diretrizes da Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 313/2002.

Essa triangulação de fontes visa garantir a consistência e a representatividade das estimativas de CO₂e por unidade funcional, permitindo sua integração no modelo de governança.

b) Indicador K22 – Geração de resíduos sólidos

O componente K22 foi calculado a partir de:

- Registros internos da Ecosan sobre destinação de resíduos sólidos em todas as etapas operacionais;
- Inventários ambientais elaborados em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; Decreto nº 11.899/2025);
- Coeficientes de geração e literatura de apoio, notadamente LEITE e JOHN (2003) e dados do SNIS, que foram empregados em situações de ausência de dados primários, especialmente nos serviços terceirizados.

A estrutura dos dados foi compatibilizada com as diretrizes da GRI 306 (2020), assegurando rastreabilidade e comparabilidade.

c) Limitações e recomendações

As principais limitações decorrem da heterogeneidade das fontes de dados e da parcial dependência de estimativas para atividades terceirizadas, especialmente na instalação dos sistemas em campo. Para mitigar essas fragilidades e ampliar a robustez do indicador, recomenda-se:



- Fortalecer os mecanismos de registro direto e verificação de dados operacionais ao longo das etapas produtivas;
- Estabelecer critérios contratuais de rastreabilidade ambiental nos serviços terceirizados, conforme orientações da ABNT PR 2030 (2023);
- Institucionalizar a auditoria periódica das bases de dados ambientais, favorecendo a aderência aos ODS 12 e 16 e ao Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Essa abordagem metodológica assegura que o K62 atenda aos critérios de transparência e auditabilidade exigidos por *frameworks* internacionais, conforme fundamentado em GIANNETTI et al. (2019), SINGH et al. (2012), GRI (2021) e nas diretrizes da Agenda 2030 da ONU (2015).

Metodologia de cálculo

A estrutura algébrica do indicador K62 adota uma abordagem adimensional, construída com base na média aritmética das razões entre os valores reais e as metas de desempenho de dois vetores ambientais críticos: as emissões de gases de efeito estufa (K21) e a geração de resíduos sólidos (K22). Essa metodologia permite consolidar o desempenho ambiental da unidade produtiva da Ecosan em um único índice composto, compatível com instrumentos multicritério, normalizado por metas e aplicável a estratégias de governança ambiental baseadas em evidências.

A construção segue as diretrizes metodológicas do modelo 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019) e é coerente com boas práticas internacionais de Avaliação da Sustentabilidade (GRI, 2021; SINGH et al., 2012).

a) Fórmula geral do indicador K62

O indicador K62 mede, de forma consolidada, a pressão ambiental da unidade produtiva da Ecosan em relação a dois vetores críticos:

- Emissões atmosféricas de GEE (CO₂e) – conforme calculado no indicador K21;
- Geração de resíduos sólidos (kg) – conforme calculado no indicador K22.

A metodologia adotada baseia-se na normalização por metas e na média aritmética simples das razões entre valores reais e metas de referência. O resultado é um valor adimensional, que representa o grau de alinhamento da organização com seus compromissos de desempenho ambiental por unidade funcional (sistema RAFA + biofiltro entregue), conforme defendido por Singh et al. (2012) e GRI (2021).

Equação VI

$$K62 = \frac{\left(\frac{K21}{Meta\ K21} + \frac{K22}{Meta\ K22} \right)}{2}$$

Onde:

- K21 = emissão total de GEE (kg CO₂e) por unidade instalada;
- K22 = massa total de resíduos sólidos (kg) gerados por unidade instalada;
- Meta K21 = meta estabelecida para o indicador K21;
- Meta K22 = meta estabelecida para o indicador K22.



A fórmula gera um índice adimensional por meio da normalização dos indicadores componentes, originalmente expressos em unidades distintas (massa e emissão). Essa conversão por metas elimina as distorções de escala física, permitindo avaliação integrada, proporcional e comparável.

Exemplo de aplicação:

$$\text{Emissão de GEE (K21)} = 719,87 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$$

Meta para emissões (Meta para o K21) = SBTi³⁴ (2021): meta de 4,2% ao ano (por dez anos), de acordo com a Tabela 41:

Tabela 33 - Redução de emissões em dez anos

Ano	Emissões totais (tCO ₂ e)	Redução absoluta	Redução acumulada (%)	Fórmula
2022	719,87	0,00	0,00%	$719,87 \times (1 - 0,042)^0$
2023	689,64	30,23	4,20%	$719,87 \times (1 - 0,042)^1$
2024	660,67	59,20	8,22%	$719,87 \times (1 - 0,042)^2$
2025	632,92	86,95	12,08%	$719,87 \times (1 - 0,042)^3$
2026	606,34	113,53	15,77%	$719,87 \times (1 - 0,042)^4$
2027	580,87	139,00	19,31%	$719,87 \times (1 - 0,042)^5$
2028	556,48	163,39	22,70%	$719,87 \times (1 - 0,042)^6$
2029	533,10	186,77	25,94%	$719,87 \times (1 - 0,042)^7$
2030	510,71	209,16	29,05%	$719,87 \times (1 - 0,042)^8$
2031	489,26	230,61	32,03%	$719,87 \times (1 - 0,042)^9$
2032	468,72	251,15	34,89%	$719,87 \times (1 - 0,042)^{10}$

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Diante disso tem-se:

$$K21 = 719,87 \text{ tCO}_2\text{e/ano.}$$

$$\text{Meta K21} = 606,34 \text{ tCO}_2\text{e/ano.}$$

$$\text{Geração de resíduos sólidos (K22)} = 5.919,21 \text{ kg/ano} \rightarrow 5,9192 \text{ t/ano.}$$

$$\text{Meta para resíduos (Meta K22)} = 15\% \text{ de redução para } 2026 = 5.031,33 \text{ kg/ano} \rightarrow 5,0313 \text{ t/ano.}$$

Aplicando a fórmula:

$$K62 = \frac{\left(\frac{K21}{\text{Meta K21}} + \frac{K22}{\text{Meta K22}} \right)}{2}$$

$$K62 = \frac{\left(\frac{719,8700}{606,3400} + \frac{5,9192}{5,0313} \right)}{2}$$

$$K62 = 1,1820$$

³⁴ O SBTi (Science Based Targets initiative) é uma iniciativa global que visa mobilizar empresas a estabelecerem metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) baseadas em evidências científicas, alinhadas com o Acordo de Paris e com o objetivo de limitar o aquecimento global a 1.5°C. Em resumo, o SBTi oferece ferramentas e orientações para que as empresas definam e alcancem metas de redução de emissões que realmente contribuam para a mitigação das mudanças climáticas.



K62 = resíduos sólidos + emissão = 1,182

b) Interpretação do resultado

A interpretação do valor de K62 segue a lógica já estabelecida para os indicadores do setor 6. Considerando a meta padrão de K62 = 1,00, os resultados são interpretados da seguinte forma:

- K62 = 1,00 → Governança ambiental adequada; metas plenamente atingidas;
- K62 < 1,00 → Desempenho ambiental superior; redução de pressão além da meta;
- K62 > 1,00 → Governança insuficiente; pressão ambiental acima do desejável.

No exemplo acima, o resultado de K62 = 1,182 indica que a pressão ambiental combinada da Ecosan no ciclo de 2026 está 18,2% acima do patamar-alvo, sinalizando um desempenho abaixo do desejável em termos de governança integrada sobre resíduos e emissões.

c) Justificativa metodológica

A escolha pela normalização por metas com média aritmética segue princípios consolidados em *frameworks* internacionais como:

- GRI – *Global Reporting Initiative* (2021);
- ABNT ISO 14031 (indicadores de desempenho ambiental);
- GHG *Protocol* e SBTi (2023) para gestão de emissões;
- Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; Decreto nº 11.899/2025).

Essa abordagem possibilita:

- Avaliação integrada de diferentes domínios ambientais;
- Comparação proporcional entre variáveis com unidades distintas;
- Aplicação em painéis multicritério de governança ESG;
- Facilitação da auditoria e replicabilidade do modelo.

A adoção de uma métrica composta, adimensional e compatível com metas específicas garante maior precisão na tomada de decisão, permitindo intervenções estratégicas nos vetores de maior pressão ambiental.

Resultados e análise crítica

a) Dados de entrada e metas

A avaliação do indicador K62 foi realizada com base em dados reais apurados por unidade funcional (sistema RAFA + biofiltro entregue) para o ano de 2026. As metas dos componentes K21 (emissões atmosféricas) e K22 (resíduos sólidos) foram definidas a partir de referências técnicas consolidadas:

Tabela 34 - Baseline a meta

Indicador	Valor real (2026)	Meta (2026)	Unidade
K21	719,87	606,34	kgCO ₂ e/unidade
K22	5.919,20	5.031,30	kg de resíduos/unidade

Fonte: SBTi (2023), GRI 306-2:2020, BRASIL (2010; Decreto nº 11.899/2025)



b) Inferências gerenciais

O valor calculado de K62 posiciona-se como indicador-sentinela de risco institucional (GIANNETTI et al., 2019), sugerindo que a Ecosan deve promover:

- Reavaliação crítica das metas operacionais e dos *benchmarks* adotados;
- Aprimoramento dos processos de produção, com foco em eficiência e circularidade;
- Adoção de tecnologias de mitigação e estratégias de economia circular;
- Fortalecimento da governança ambiental por meio de controle interno e monitoramento sistemático.

Do ponto de vista gerencial e de compliance, o K62 oferece base técnica para processos de prestação de contas e para a construção de séries históricas auditáveis, em conformidade com os princípios de legalidade, rastreabilidade e transparência (ABNT PR 2030, 2023; ABNT NBR ISO 14064-1:2019).

Além disso, sua estrutura metodológica favorece o alinhamento com mecanismos públicos de incentivo à sustentabilidade, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), que exige o uso de indicadores confiáveis e comparáveis para fins de elegibilidade em políticas fiscais e de fomento.

5.3.13 K63 – Ebitda ± gestão de resíduos sólidos

Introdução conceitual

O indicador K63 integra a matriz de governança do setor 6 do modelo 5 SEnSU+G, e foi concebido como uma métrica adimensional e composta, destinada a aferir a capacidade institucional da organização em alinhar desempenho econômico e circularidade material. Trata-se de uma composição inédita entre dois domínios críticos da sustentabilidade corporativa: o reaproveitamento de resíduos com geração de valor (K31) e a eficiência econômico-operacional medida por meio do EBITDA (K32). Essa associação representa uma inovação metodológica no contexto de indicadores ESG, ao articular simultaneamente aspectos ambientais e financeiros sob uma perspectiva de governança técnica.

O componente K31 expressa o valor econômico recuperado a partir da comercialização de resíduos recicláveis ou reutilizáveis, traduzindo o grau de adesão da organização a práticas de economia circular, logística reversa e valorização de passivos, conforme previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025) e nas diretrizes da *Global Reporting Initiative* (GRI 306-2, 2020). Já o componente K32, calculado a partir do EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*), representa a eficiência econômica do negócio, isenta de efeitos financeiros e tributários, oferecendo uma visão depurada da geração de valor a partir das atividades principais da empresa.

Ao combinar esses dois vetores, o indicador K63 propõe uma abordagem integradora entre desempenho ambiental e resultado econômico, em consonância com os princípios da ABNT ISO 26000 (2010), da ABNT PR 2030 (2023) e com *frameworks* de mercado como GRI e SASB, que recomendam a inclusão de métricas econômico-financeiras nas avaliações de desempenho socioambiental.

Essa articulação reflete uma mudança de paradigma na governança corporativa da sustentabilidade: a capacidade de converter ganhos ambientais em valor econômico agregado, consolidando um modelo de gestão orientado à eficiência sistêmica, resiliência financeira e transparência institucional. O K63 também



contribui para o cumprimento de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial os ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico), 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 12 (Consumo e produção responsáveis) e 16 (Instituições eficazes, responsáveis e transparentes) (ONU, 2015).

Dessa forma, o K63 torna-se um indicador estratégico de governança intersetorial, capaz de orientar decisões baseadas em evidências e viabilizar mecanismos de reporte, auditoria e elegibilidade em programas de financiamento verde e inovação industrial, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023).

Escopo de análise

O escopo do indicador K63 abrange as três etapas operacionais da Ecosan — Etapa 1 (escritório administrativo), Etapa 2 (fábrica de pré-montagem dos sistemas RAFA + biofiltro) e Etapa 3 (instalação em campo – obra civil) — em alinhamento com as unidades funcionais previamente definidas para os indicadores K31 (valorização econômica de resíduos sólidos) e K32 (EBITDA – resultado operacional). A manutenção dessa lógica garante consistência metodológica, rastreabilidade e comparabilidade com os demais indicadores do modelo 5 SEnSU+G, respeitando os princípios de integridade e coerência interna estabelecidos para indicadores compostos (SINGH et al., 2012; PULSELLI et al., 2015).

No componente K31, a análise recai sobre os fluxos de resíduos sólidos ao longo de toda a cadeia produtiva, com foco na recuperação de valor econômico por meio da comercialização de materiais recicláveis. Essa abordagem é compatível com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; BRASIL, 2025) e com as práticas preconizadas pela *Global Reporting Initiative* (GRI 306-2, 2020). Já o componente K32 expressa o resultado operacional consolidado da Ecosan, refletindo a capacidade da organização de gerar valor a partir de suas atividades principais. Por sua natureza contábil-financeira, o K32 integra custos e receitas oriundos das três etapas operacionais, mantendo alinhamento com os princípios de mensuração de desempenho econômico previstos na ABNT PR 2030 (ABNT, 2023).

A composição entre K31 e K32 exige, portanto, um escopo ampliado e integrado, abrangendo as três frentes operacionais da Ecosan. Essa delimitação possibilita a desagregação crítica de fluxos físicos e econômicos, fortalece a rastreabilidade dos dados e favorece processos de auditoria e prestação de contas, em consonância com os princípios de transparência e governança defendidos pelas diretrizes da GRI (2021) e pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (2015), especialmente os ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), 12 (consumo e produção responsáveis) e 16 (instituições eficazes, responsáveis e transparentes).

A descrição detalhada do escopo operacional é a seguinte:

- Etapa 1 – Escritório administrativo: abrange atividades de planejamento institucional, controle contábil, elaboração de contratos e diretrizes de sustentabilidade, com influência direta no resultado financeiro (K32) e na geração de resíduos administrativos (K31).
- Etapa 2 – Fábrica (pré-montagem): concentra a produção física dos sistemas RAFA + biofiltro, com geração significativa de resíduos reaproveitáveis (plásticos, metais, papelão) e despesas operacionais relevantes, refletidas em ambos os componentes do indicador composto.
- Etapa 3 – Instalação em campo (obra civil): contempla os serviços de entrega final dos sistemas, incluindo movimentação de materiais e descarte de resíduos. Embora parte dessas atividades seja



terceirizada, seus efeitos sobre os indicadores compostos permanecem atribuíveis à Ecosan, considerando o princípio da responsabilidade organizacional ampliada (GRI, 2021; ABNT, 2023).

Essa abordagem integrada permite que o K63 reflita com precisão a maturidade da governança institucional da Ecosan na valorização de resíduos e na geração de resultados operacionais sustentáveis. Ao vincular rentabilidade econômica à circularidade de materiais, o indicador fortalece a lógica de sustentabilidade orientada por desempenho, promovendo decisões baseadas em evidências e critérios técnicos auditáveis, em consonância com *frameworks* internacionais e com a agenda ESG.

Fontes de dados

A formulação do indicador K63 baseia-se na integração de dados primários fornecidos pela Ecosan, referentes ao valor da recuperação de resíduos sólidos recicláveis (componente K31) e ao resultado econômico operacional consolidado (componente K32 – EBITDA). As informações foram extraídas de planilhas internas e declarações operacionais da equipe gestora, assumidas como representativas da realidade organizacional no momento da análise.

a) Indicador K31 – Valorização econômica de resíduos sólidos

Os dados relativos ao K31 correspondem às receitas obtidas com a comercialização de materiais recicláveis, oriundos das etapas de fabricação e instalação dos sistemas de saneamento. Tais valores expressam o grau de valorização de resíduos promovido pela organização e foram considerados como *proxy* da maturidade em práticas de economia circular, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010; Decreto nº 11.899/2025) e com as diretrizes da GRI 306-2 (2020), que incentivam o reaproveitamento de recursos e a redução de passivos ambientais.

b) Indicador K32 – Resultado econômico operacional (EBITDA)

O EBITDA informado corresponde ao resultado operacional bruto da Ecosan nos últimos 12 meses, desconsiderando tributos, depreciações e amortizações, conforme metodologia amplamente utilizada na literatura de finanças corporativas (GRI, 2021; ABNT PR 2030, 2023). Embora os dados ainda não estejam auditados por terceiros, a fonte foi considerada válida com base no princípio de boa-fé e na consistência interna da avaliação. O uso do EBITDA como componente do K63 visa refletir a capacidade da organização de gerar valor a partir de suas atividades principais, sem interferência de efeitos fiscais ou financeiros não recorrentes.

c) Limitações e recomendações

As principais limitações identificadas dizem respeito à ausência de sistemas formalizados de verificação externa dos dados informados, especialmente no que se refere à rastreabilidade financeira do EBITDA e à quantificação exata da fração reciclável comercializada. A Ecosan ainda se encontra em fase de amadurecimento institucional quanto à estruturação de rotinas de registro, classificação e divulgação de informações de sustentabilidade.

Recomenda-se, para os próximos ciclos de avaliação:



- A institucionalização de mecanismos de validação cruzada entre relatórios contábeis e dados operacionais;
- A implementação de um sistema padronizado de registro e rastreabilidade da destinação de resíduos recicláveis;
- A adoção progressiva de auditorias externas ou verificações independentes, alinhadas às exigências de programas de fomento como o Programa MOVER (BRASIL, 2023).

A estrutura adotada nesta seção está alinhada aos princípios da transparência e da rastreabilidade, conforme orientações de Giannetti et al. (2019), Singh et al. (2012) e das normas da ABNT aplicáveis à sustentabilidade corporativa.

Metodologia de cálculo

a) Fórmula geral do indicador K63

O indicador K63 é um índice adimensional composto, que expressa o desempenho integrado da Ecosan na valorização econômica de resíduos recicláveis (K31) e na rentabilidade operacional (K32 – EBITDA). A fórmula baseia-se na média aritmética das razões entre os valores reais e as metas de cada componente, conforme estrutura adotada em todos os indicadores do setor 6 do modelo 5 SEnSU+G.

A fórmula geral do K63 é definida como:

Equação VII

$$K63 = \frac{\left(\frac{K31}{Meta\ K31} + \frac{K32}{Meta\ K32} \right)}{2}$$

Onde:

- K31 é o valor real de receita com resíduos recicláveis (R\$);
- Meta K31 é a meta de valorização de 30% da massa reciclável;
- K32 é o valor real do EBITDA (R\$);
- Meta K32 é a meta de EBITDA com crescimento de 5%.

O resultado K63 = 1,00 representa o cumprimento pleno das metas, sendo valores superiores indicativos de desempenho acima do esperado.

Substituição de valores para o ciclo atual:

K31 = R\$ 7.296,00.

Meta K31 = R\$ 9.484,80 (corresponde a um incremento de 30% em relação ao valor atual).

K32 = R\$ 1.240.979,84.

Meta K32 = R\$ 1.303.028,83 (corresponde a um crescimento de 5% sobre o valor atual).

Substituindo os valores:



$$K63 = \frac{\left(\frac{R\$ 7.296,00}{R\$ 9.484,80} + \frac{R\$ 1.240.979,84}{R\$ 1.303.028,83} \right)}{2}$$

$$K63 = 0,8608$$

K63 = Ebitda ± gestão de resíduos sólidos = 0,861

b) Interpretação do resultado

A lógica de interpretação do K63 segue a padronização adotada para todos os indicadores do setor 6:

Tabela 43 - Escala para interpretação de resultados

Valor de K63	Interpretação
K63 = 1,00	Desempenho em linha com as metas integradas de valorização e rentabilidade
K63 < 1,00	Desempenho superior às metas (pressão menor / eficiência ampliada)
K63 > 1,00	Desempenho abaixo do esperado (ações corretivas recomendadas)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

No exemplo apresentado, o valor de K63 = 0,861 indica que a Ecosan está abaixo da meta-alvo integrada. A análise desagregada mostra que o EBITDA já atinge 95,25% da meta, enquanto a valorização de resíduos ainda se encontra em 76,93% do objetivo esperado. Esse resultado sinaliza a necessidade de reforço nas estratégias de economia circular.

c) Justificativa metodológica

A construção do K63 segue os princípios da normalização por metas e da agregação proporcional de variáveis ambientais e econômicas, conforme recomendado por Singh et al. (2012), Pulselli et al. (2015) e pelas diretrizes da GRI (2021). A utilização de uma média aritmética simples entre os componentes K31 e K32 garante:

- Transparência e rastreabilidade dos dados, com possibilidade de auditoria independente;
- Comparabilidade interorganizacional, favorecendo *benchmarking* setorial;
- Integração entre dimensões ESG, conforme preconizado pela ABNT PR 2030 (2023) e pela Agenda 2030 da ONU.

Essa abordagem metodológica reforça a proposta do modelo 5 SEnSU+G de operar como ferramenta integrada de avaliação da governança socioambiental, ao articular resultados econômicos e ambientais em uma única métrica de governança técnica.

Resultados e análise crítica

a) Dados de entrada e metas

As metas para os componentes do indicador K63 foram definidas com base em parâmetros técnico-normativos e estratégias de melhoria contínua, conforme o modelo 5 SEnSU+G. Os valores de referência são:



- K31 (valorização de resíduos recicláveis): incremento de 30% sobre a base atual de receita (R\$ 7.296,00), totalizando R\$ 9.484,80;
- K32 (EBITDA): crescimento de 5% sobre o resultado atual (R\$ 1.240.979,84), atingindo a meta de R\$ 1.303.028,83.

Essas metas seguem as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; Decreto nº 11.899/2025), da GRI 306 (2020), da ABNT PR 2030 (2023) e dos ODS 8, 12 e 16 da Agenda 2030.

b) Inferências gerenciais

- O desempenho do K63 indica que a integração entre resultado financeiro e valorização ambiental ainda não atingiu o patamar de excelência esperado pela governança da sustentabilidade;
- A melhoria da performance ambiental (K31) deve ser prioridade, com ações voltadas à ampliação da triagem, comercialização e reaproveitamento de resíduos, especialmente nas etapas de fábrica e obra civil;
- A manutenção do bom desempenho econômico (K32) deve ser acompanhada da incorporação de metas ambientais nos processos decisórios, de modo a garantir que os ganhos operacionais não comprometam o compromisso com a economia circular.

O K63, ao articular métricas ambientais e econômicas, reforça o papel estratégico da governança institucional como vetor de equilíbrio entre rentabilidade e responsabilidade, em consonância com os princípios da GRI (2021), da ABNT PR 2030 (2023) e do Programa MOVER (BRASIL, 2023).

5.3.14 K64 – IDH segmentado

Introdução conceitual

O indicador K64 – IDH Segmentado integra a matriz de governança do modelo 5 SEnSU+G, representando uma evolução analítica do modelo 5 SEnSU tradicional ao incorporar, no sexto setor, dimensões institucionais e sociais críticas à sustentabilidade organizacional. Sua formulação foi desenvolvida especificamente para a realidade da Ecosan, como uma métrica adaptada e auditável de desenvolvimento humano no contexto corporativo, com potencial de replicação em organizações de pequeno e médio porte.

Inspirado diretamente no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), metodologia consolidada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) desde 1990, o K64 adapta os princípios trinos do IDH clássico — educação, saúde e renda — à lógica técnico-operacional da governança empresarial (PNUD, 2010). Ao internalizar essa estrutura no ambiente organizacional, o indicador busca refletir o grau de equidade, justiça estrutural e bem-estar social promovido pela organização junto a seus colaboradores, constituindo-se como um *proxy* robusta de qualidade de vida institucional.

Na versão aplicada à Ecosan, a construção do K64 considera três eixos de mensuração:

- A renda média dos trabalhadores sob regime CLT (dado primário interno);
- A média de anos esperados de escolaridade da população economicamente ativa de Santo André (*proxy* educacional); e



- A expectativa de vida média da região (*proxy* de saúde), respeitando os princípios de materialidade e adaptabilidade em contextos com limitações de dados primários, conforme recomendado pela ISO 30414:2018 e pela GRI 403/405 (GRI, 2021).

O IDH segmentado proposto pelo K64 permite uma análise multivariada do desempenho social interno da organização, viabilizando a comparação com *benchmarks* nacionais e internacionais, e apoiando a formulação de estratégias orientadas à equidade. Tal abordagem está alinhada à ISO 26000:2010, que define responsabilidade social como a capacidade da organização de gerar impactos positivos sobre seus *stakeholders* com base em governança, práticas justas de trabalho e respeito aos direitos humanos.

Por sua concepção, o K64 transcende a função de indicador descritivo e assume papel estratégico na avaliação da governança social. Ele integra o conjunto de indicadores inéditos do setor 6 do modelo 5 SEnSU+G, servindo como instrumento de mensuração da equidade organizacional, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), o ODS 4 (Educação de Qualidade) e o ODS 10 (Redução das Desigualdades) (ONU, 2015). Com isso, contribui para o fortalecimento do sistema de gestão da sustentabilidade da Ecosan e para sua capacidade de relato ético, técnico e institucional perante a sociedade.

Escopo de análise

O escopo do indicador K64 – IDH Segmentado contempla exclusivamente os colaboradores com vínculo empregatício direto com a Ecosan, regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que atuam nas três etapas operacionais que compõem a lógica de produção da organização. Essas etapas são:

Etapa 1 – Escritório administrativo, englobando funções estratégicas e operacionais como gestão, engenharia, planejamento e atendimento.

Etapa 2 – Fábrica de pré-montagem, responsável pela produção dos módulos RAFA e dos biofiltros, etapa industrial central do processo produtivo.

Etapa 3 – Instalação em campo, correspondente à execução da obra civil nos locais de implantação dos sistemas de saneamento.

Embora a terceira etapa envolva, em sua maioria, equipes terceirizadas contratadas por empreiteiras parceiras, o escopo do K64 foi deliberadamente delimitado aos colaboradores internos CLT da Ecosan, por três razões metodológicas fundamentais:

- Garantir rastreabilidade e confiabilidade dos dados primários, sobretudo no componente de renda;
- Preservar a coerência contratual, evitando a inclusão de regimes distintos de trabalho que poderiam comprometer a comparabilidade entre indicadores; e
- Respeitar os limites da governabilidade institucional direta, conforme recomendado pela ISO 30414:2018, que orienta a mensuração de capital humano com base na capacidade de ação da organização sobre os indicadores monitorados.

Essa definição metodológica de escopo não estabelece relação temática direta com os indicadores K31 (Gestão de Resíduos Sólidos) e K32 (EBITDA por sistema), que pertencem ao setor 3 do modelo 5 SEnSU. No entanto, ela se alinha à lógica de delimitação operacional já aplicada nesses indicadores, no que diz respeito à definição da unidade funcional de análise e à segmentação das etapas produtivas da



organização. Ao adotar como universo de observação os colaboradores contratados sob regime CLT nas três etapas operacionais da Ecosan, o indicador K64 mantém consistência estrutural e comparabilidade algébrica com os demais indicadores compostos do modelo, assegurando a harmonia metodológica requerida pela estrutura do 5 SEnSU+G e o modelo base 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019).

A delimitação por etapas operacionais funcionais também permite, em ciclos avaliativos futuros, o desdobramento interno do K64 em análises comparativas entre áreas, subsidiando diagnósticos mais refinados sobre disparidades salariais, desigualdades de acesso a oportunidades, e bem-estar ocupacional, conforme previsto nas diretrizes da GRI 405: Diversidade e igualdade de remuneração (GRI, 2021) e nos princípios de responsabilidade social estabelecidos pela ISO 26000:2010.

Fontes de dados (versão auditável e expandida)

A estruturação do indicador K64 – IDH Segmentado combinou dados primários fornecidos pela Ecosan com proxies públicas auditáveis, de forma a garantir rastreabilidade, coerência metodológica e aderência às recomendações da literatura especializada. Toda a construção do indicador foi fundamentada em três variáveis-chave: o número de funcionários da empresa, a faixa salarial praticada (valores mínimo e máximo declarados) e o EBITDA consolidado por sistema, utilizado como base referencial no Apêndice K32. A partir dessas variáveis, estimou-se com respaldo bibliográfico a renda per capita mensal média, que compõe o eixo de renda do K64.

No caso das dimensões educação e saúde, a Ecosan não possui, até o presente ciclo de apuração, sistemas internos estruturados para coleta direta dessas informações junto aos colaboradores. Por esse motivo, foram adotadas proxies secundárias reconhecidas e auditáveis, obtidas a partir de fontes públicas de alta credibilidade, como o Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013) e as Tábuas de Mortalidade do IBGE (2023). Essa abordagem é compatível com os princípios da ISO 30414:2018, que reconhece diferentes níveis de maturidade informacional nas organizações, e com as práticas de materialidade progressiva descritas na GRI 405:2021 e na ISO 26000:2010, especialmente para mensuração de impactos sociais em ambientes empresariais com restrições operacionais de rastreio direto.

A articulação entre dados primários internos e fontes públicas foi guiada pelos princípios da ISO 30414:2018, que orienta a construção de indicadores de capital humano mesmo em contextos com limitações informacionais, e pelas recomendações da GRI 405:2021 e da ISO 26000:2010 quanto à mensuração da equidade e justiça social no ambiente de trabalho.

O resultado é um indicador auditável, transparente e compatível com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 3, 4 e 10. A seguir, apresentam-se detalhadamente os critérios, valores e fontes utilizados na composição do K64.

a) Composição do K64

O indicador K64 – IDH Segmentado foi construído a partir da adaptação metodológica do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), preservando sua composição original com três dimensões fundamentais: educação, saúde e renda (PNUD, 2010). Diante das limitações operacionais da Ecosan para mensuração direta de algumas dessas variáveis,



foram utilizadas fontes públicas auditáveis e cálculos derivados de dados internos, conforme detalhado a seguir.

Educação – Média de anos de estudo

Para a dimensão educação, adotou-se como *proxy* a média de anos esperados de escolaridade da população economicamente ativa do município de Santo André (SP), sede da Ecosan. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013), esse valor corresponde a 9,82 anos, superior à média nacional, e é utilizado como representativo do capital educacional disponível no território de atuação da empresa. Essa abordagem é compatível com a dimensão educacional do IDH e atende aos requisitos de auditabilidade e materialidade exigidos por relatórios institucionais de sustentabilidade (ISO 30414:2018; GRI 405:2021).

Saúde – Expectativa de vida ao nascer

A dimensão saúde foi representada pela expectativa de vida média da população do estado de São Paulo, com valor de 78,4 anos segundo o IBGE (2023). Essa escolha reflete a ausência, na Ecosan, de dados específicos sobre saúde ocupacional, sendo compensada pelo uso de uma *proxy* regional plausível e metodologicamente válida. Essa prática segue os princípios de comparabilidade e sensibilidade do IDH original, além de estar alinhada à abordagem de materialidade progressiva prevista pela GRI (2021).

Renda – Renda média mensal CLT

Para a dimensão renda, foi utilizado um valor derivado de dados primários da Ecosan. Com base na faixa salarial informada (mínima e máxima), no número de colaboradores CLT e no EBITDA consolidado utilizado no K42, foi estimada a renda média mensal por colaborador, fixada em R\$ 4.383,00. Esse valor foi convertido em renda anual per capita e normalizado conforme a metodologia oficial do IDH, utilizando logaritmo natural, a fim de suavizar a influência de valores extremos e refletir a progressividade do bem-estar econômico (PNUD, 2010; GRI, 2021).

b) Considerações e limitações

A construção do indicador K64 – IDH Segmentado envolveu decisões metodológicas cuidadosas, com vistas a assegurar a integridade dos resultados mesmo diante de limitações informacionais estruturais. A Ecosan não dispõe atualmente de sistemas internos automatizados para o levantamento de dados sobre escolaridade e saúde dos colaboradores, o que impossibilita a aplicação direta das fórmulas do IDH com dados primários. No entanto, a adoção de proxies regionais auditáveis, associada a dados internos confiáveis sobre número de empregados e faixa salarial, permitiu o desenvolvimento de um índice coerente, auditável e alinhado a boas práticas de governança social.

Essa estratégia é compatível com os princípios da ISO 30414:2018, que reconhece distintos níveis de maturidade informacional em organizações de pequeno e médio porte, e com a abordagem da GRI 405:2021, que recomenda a adoção de fontes alternativas quando a coleta direta não é viável. Também se



observa aderência ao princípio da materialidade progressiva, que sustenta a ampliação gradativa do escopo de mensuração à medida que a governança interna se fortalece (GRI, 2021).

Como recomendação estratégica, sugere-se que a Ecosan avance, nos próximos ciclos, na implantação de mecanismos internos de coleta e registro de dados educacionais e de saúde ocupacional, como parte de seu compromisso com o aprimoramento da governança técnica sobre os aspectos sociais. Tais avanços contribuirão para o refinamento do K64, ampliando sua granularidade e legitimidade científica. A manutenção da transparência metodológica e a clara comunicação das limitações atuais são, por si só, evidências de responsabilidade institucional e ética de relato, em consonância com os marcos da ISO 26000:2010 e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 3, 4 e 10) da Agenda 2030 da ONU.

Metodologia de cálculo

A metodologia de cálculo do indicador K64 – IDH Segmentado baseia-se na estrutura conceitual do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2010), adaptada ao contexto organizacional da Ecosan. Em vez da média aritmética aplicada aos demais indicadores do setor 6 do modelo 5 SEnSU+G, o K64 adota a média geométrica entre três dimensões normalizadas: educação, saúde e renda. Essa escolha metodológica visa evitar compensações excessivas entre componentes e proporcionar maior sensibilidade a desigualdades estruturais, especialmente em ambientes empresariais com limitações informacionais.

Para cada uma das dimensões, foram utilizadas proxies confiáveis e auditáveis, conforme demonstrado na tabela a seguir, que resume a composição do K64 com os valores adotados no ciclo atual de apuração.

Tabela 44 – Composição do K64

Dimensão	Proxy utilizada	Valor adotado	Fonte principal
Educação	Média de anos de estudo esperados	9,82 anos	Atlas do Desenvolvimento Humano – Santo André (PNUD, 2013)
Saúde	Expectativa de vida ao nascer	78,40 anos	IBGE/SP 2023 (média estadual)
Renda	Renda média mensal CLT (dados primários Ecosan)	R\$ 4.383,00	Ecosan (indicador K52)

Fonte: Aláfia sustentabilidade (2025)

a) Fórmula geral do IDH

Fórmula geral do IDH:

$$IDH = (IDH_{\text{educação}} \times IDH_{\text{saúde}} \times IDH_{\text{renda}})^{1/3}$$

Nota metodológica: a fórmula do K64 adota a média geométrica entre os três subíndices (educação, saúde e renda), representada pela potência 1/3 na equação. Essa abordagem segue a metodologia oficial do



Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), vigente desde 2010, em substituição à média aritmética utilizada anteriormente. A mudança tem como objetivo evitar compensações excessivas entre dimensões, promovendo uma avaliação mais equilibrada do desenvolvimento humano. Ao aplicar a média geométrica, valores muito baixos em uma dimensão não são mascarados por desempenhos elevados em outras, garantindo maior sensibilidade às desigualdades estruturais (PNUD, 2010). Essa escolha é particularmente importante em indicadores de governança social, como o K64, que buscam refletir equidade e consistência interdimensional.

IDH da Educação

Fórmula de normalização:

$$IDH_{\text{educação}} = \frac{\text{média de anos em estudo} - \text{mínimo de anos em estudo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}}$$

Onde:

- Média: 9,82 anos;
- Mínimo: 0 anos;
- Máximo: 15 anos (valor de referência do PNUD).

Substituindo valores:

$$IDH_{\text{educação}} = \frac{9,82 - 0}{15 - 0} = \frac{9,82}{15} = \mathbf{0,6547}$$

Nota metodológica: para a dimensão da educação, utilizou-se a fórmula de normalização linear padrão do PNUD:

$$IDH_{\text{educação}} = \frac{\text{média de anos em estudo} - \text{mínimo de anos em estudo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}}$$

Essa abordagem considera que a evolução dos anos de escolaridade tem impacto proporcional e contínuo no desenvolvimento humano, especialmente quando usada como proxy em contextos institucionais. O valor de 15 anos é utilizado como teto porque representa a expectativa de escolarização total de um ciclo educacional completo (ensino superior), conforme os critérios do Relatório de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2010).

IDH da Saúde

Fórmula:

$$IDH_{\text{saúde}} = \frac{\text{expectativa de vida} - \text{mínimo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}}$$

Onde:

- Expectativa de vida da região: 78,4 anos;
- Mínimo: 20 anos;
- Máximo: 85 anos (PNUD).

Substituindo valores:

$$IDH_{saúde} = \frac{78,4 - 20}{85 - 50} = \frac{58,4}{65} = \mathbf{0,8985}$$

Nota metodológica: a expectativa de vida é tradicionalmente utilizada como proxy para saúde no cálculo do IDH. A fórmula adotada segue o modelo oficial do PNUD:

$$IDH_{saúde} = \frac{\text{expectativa de vida} - \text{mínimo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}}$$

Valor mínimo de 20 anos corresponde ao menor limite plausível de longevidade humana, enquanto 85 anos representa um patamar ideal em sociedades desenvolvidas. Essa modelagem permite capturar as condições estruturais de saúde da população, mesmo em casos onde não há dados específicos sobre morbidade, qualidade do serviço de saúde ou outros determinantes sociais (PNUD, 2010).

IDH da Renda

Fórmula:

$$IDH_{renda} = \frac{\ln(\text{renda}) - \ln(100)}{\ln(75.000) - \ln(100)}$$

Onde:

- Renda anual per capita = R\$ 4.383,00 × 12 = R\$ 52.596,00;
- Mínimo = R\$ 100,00;
- Máximo = R\$ 75.000,00 (ajustado pelo PNUD para renda pessoal).

Substituindo valores:

$$IDH_{renda} = \frac{\ln(52.596) - \ln(100)}{\ln(75.000) - \ln(100)} = \frac{10,87 - 4,61}{11,23 - 4,61} = \frac{6,26}{6,62} = \mathbf{0,9456}$$

Nota metodológica: no cálculo da dimensão de renda, foi utilizado o logaritmo neperiano (ln)³⁵ conforme a metodologia padrão do PNUD, que propõe a seguinte fórmula de normalização:

³⁵ O logaritmo utilizado na fórmula do IDH para o componente de renda é o logaritmo neperiano (ln), ou logaritmo natural, cuja base é o número e ≈ 2,718. O PNUD adota o ln porque ele reflete a diminuição dos retornos marginais da renda sobre o bem-estar. Ou seja, aumentos de renda em faixas salariais mais baixas impactam mais significativamente o desenvolvimento humano do que em faixas superiores. O ln também corrige distorções causadas por valores extremos e é amplamente aceito em modelos econômicos e demográficos. Essa abordagem garante maior equidade na ponderação do fator renda dentro da fórmula do IDH. Fonte: PNUD. Human Development Report 2010. New York: UNDP, 2010, p. 215.



$$IDH_{renda} = \frac{\ln(renda) - \ln(100)}{\ln(75.000) - \ln(100)}$$

O uso do *ln* suaviza a influência de valores extremos e corrige distorções na distribuição da renda. Esse procedimento é necessário porque o impacto de aumentos na renda não é linear em termos de bem-estar: um aumento de R\$ 500,00 na base da pirâmide tem um efeito mais significativo do que o mesmo aumento entre salários altos. Assim, o logaritmo reflete com mais precisão o valor relativo da renda para o desenvolvimento humano (PNUD, 2010; GRI, 2021).

a) Cálculo final do K64

$$K64 = (IDH_{educação} \times IDH_{saúde} \times IDH_{renda})^{1/3}$$

$$K64 = (0,6547 \times 0,8985 \times 0,9456)^{1/3}$$

$$K64 = (0,5562)^{1/3}$$

$$K64 = 0,8224$$

K64 = IDH segmentado = 0,822

Quadro resumo

Tabela 35 - Quadro resumo do indicador K64 IDH segmentado

Componente	Valor Normalizado	Peso (equilíbrio)
Educação	0,6547	1/3
Saúde	0,8985	1/3
Renda	0,9456	1/3
K64 final	0,8224	—

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Dessa forma, o valor final do K64 traduz, por meio de metodologia amplamente reconhecida pelo PNUD (2010), uma visão consolidada e equilibrada do desenvolvimento humano no contexto organizacional da Ecosan. A escolha por dados primários, combinada ao uso de proxies metodologicamente justificados, permite que o indicador seja replicado e aperfeiçoado ao longo do tempo, mesmo em ambientes com limitações de granularidade informacional. O K64, ao integrar os eixos educação, saúde e renda sob a ótica da governança social, reforça o compromisso institucional com a equidade interna, em consonância com os princípios da ABNT ISO 30414:2018, com os indicadores sociais da GRI (2021) e com os ODS 3, 4 e 10 da Agenda 2030 (ONU, 2015).

b) Interpretação do resultado

O valor calculado para o indicador K64 – IDH Segmentado no ciclo avaliativo de 2024 foi de 0,8203, conforme apresentado na subseção anterior. Esse valor resulta da aplicação da média geométrica entre os



subíndices normalizados de educação (0,6547), saúde (0,8985) e renda (0,9456), refletindo uma representação consolidada e adimensional do desenvolvimento humano no contexto organizacional da Ecosan.

À semelhança do IDH tradicional utilizado em estudos populacionais, o valor do K64 deve ser interpretado em uma escala de 0 a 1, sendo que:

- Valores mais próximos de 1 indicam níveis mais elevados de desenvolvimento humano organizacional;
- Valores próximos de 0 sugerem condições críticas em uma ou mais dimensões fundamentais;
- O resultado de 0,8224 posiciona a Ecosan em um patamar acima da média nacional brasileira, cujo IDH foi de 0,766 em 2021 (PNUD, 2023). Esse desempenho pode ser considerado elevado, especialmente considerando o porte da organização e as limitações informacionais reconhecidas. A dimensão de renda foi a principal responsável pela elevação do índice, com um valor normalizado de 0,9456, evidenciando a política salarial como um vetor relevante de valorização institucional.

Contudo, a análise do K64 requer atenção à simetria entre os três componentes, já que a média geométrica penaliza desequilíbrios significativos. A dimensão de educação, com subíndice de 0,6547, foi o fator limitante do desempenho global. Esse efeito é metodologicamente esperado, pois o uso da média geométrica reduz a possibilidade de que um bom resultado em um componente compense desempenhos baixos nos demais, garantindo maior fidelidade à realidade multidimensional (PNUD, 2010).

A interpretação do resultado deve ainda considerar o contexto normativo e estratégico da empresa. O valor de 0,8224 evidencia um cenário institucional com níveis satisfatórios de equidade e bem-estar organizacional, mas com oportunidades claras de melhoria, sobretudo nas áreas de escolaridade e rastreamento informacional. O indicador K64, portanto, oferece uma leitura integrada da condição estrutural da força de trabalho da Ecosan e reforça seu papel como instrumento estratégico de governança social, alinhado às recomendações da ISO 30414:2018, da GRI 405:2021, da ISO 26000:2010 e dos ODS 3, 4 e 10 da Agenda 2030 (ONU, 2015).

c) Justificativa metodológica

A escolha pela construção do indicador K64 – IDH Segmentado como uma adaptação organizacional do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) justifica-se pela necessidade de mensurar, com rigor e sensibilidade, aspectos estruturais da governança social na Ecosan. Diferentemente dos demais indicadores do setor 6, que operam com médias aritméticas entre dois componentes técnicos (como K11 e K12 em K61), o K64 se ancora em uma métrica multidimensional consagrada, reconhecida internacionalmente como referência para o diagnóstico da equidade e do bem-estar humano (PNUD, 2010).

A adoção da média geométrica como estrutura algébrica central do K64 segue o modelo revisado do IDH introduzido a partir do *Human Development Report* de 2010 (PNUD, 2010), em substituição à média aritmética anteriormente utilizada. A principal motivação dessa mudança metodológica é garantir que desempenhos muito baixos em uma dimensão — como educação ou saúde — não sejam mascarados por resultados elevados em outra, como renda. Essa característica assegura maior fidelidade à realidade social



avaliada e promove a identificação de desequilíbrios estruturais, especialmente relevantes em ambientes empresariais com heterogeneidade interna e assimetrias de acesso a oportunidades (PNUD, 2010; GRI, 2021).

A construção do K64 preserva a essência trina do IDH — educação, saúde e renda —, mas com adaptações compatíveis com a realidade de uma organização de pequeno porte. A dimensão educação foi representada pela média de anos esperados de escolaridade da população local (Santo André/SP), em consonância com o conceito de “*educational attainment*” do IDH original. A dimensão saúde utilizou a expectativa de vida regional como *proxy* para bem-estar e longevidade, conforme prática autorizada por organismos multilaterais para análises contextuais. Já a dimensão renda foi estimada a partir de dados internos da Ecosan, com base na faixa salarial praticada, no número de empregados e no desempenho econômico consolidado (EBITDA), conforme registrado no Apêndice K52.

Essa abordagem híbrida respeita os princípios de materialidade, proporcionalidade e rastreabilidade exigidos por normas internacionais como a ISO 30414:2018 (indicadores de capital humano), a GRI 405:2021 (igualdade e diversidade) e a ISO 26000:2010 (responsabilidade social). Além disso, o uso de proxies secundárias públicas — como o Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013) e as Tábuas de Mortalidade do IBGE (2023) — assegura a auditabilidade e a replicabilidade da metodologia, mesmo em contextos empresariais com baixa granularidade de dados primários.

Por fim, o K64 foi desenvolvido para operar como um indicador *proxy* de justiça organizacional, promovendo a integração da governança social à lógica de sustentabilidade do modelo 5 SEnSU+G. Sua utilização oferece à Ecosan não apenas um diagnóstico robusto de equidade interna, mas também uma ferramenta estratégica para alinhar políticas institucionais aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial os ODS 3 (saúde e bem-estar), ODS 4 (educação de qualidade) e ODS 10 (redução das desigualdades) — consolidando o papel do capital humano como dimensão crítica da sustentabilidade corporativa.

Resultados e análise crítica

Esta seção apresenta os resultados obtidos para o indicador K64 – IDH Segmentado no ciclo avaliativo de 2024, acompanhados da análise crítica de seus componentes e implicações gerenciais. A consolidação dos dados foi conduzida com base na metodologia descrita na seção anterior, utilizando dados primários da Ecosan e proxies secundárias públicas e auditáveis.

A interpretação dos resultados, além de refletir a condição estrutural dos vínculos empregatícios formais na organização, permite identificar vetores de melhoria institucional, comparabilidade com parâmetros nacionais e oportunidades de alinhamento com marcos normativos internacionais. O indicador também opera como termômetro da governança social, integrando-se aos demais indicadores do setor 6 e contribuindo para uma visão holística da sustentabilidade corporativa.

a) Dados de entrada e metas

O cálculo do K64 – IDH Segmentado foi realizado com base nos seguintes dados:



Tabela 36 - Dados de entrada e metas do K64

Dimensão	Variável utilizada	Valor adotado	Meta de referência	Fonte
Educação	Média de anos esperados de estudo	9,82 anos	11,00 anos	PNUD (2013) – Santo André/SP
Saúde	Expectativa de vida ao nascer	78,40 anos	80,00 anos	IBGE (2023)
Renda	Renda média mensal CLT (Ecosan)	R\$ 4.383,00	R\$ 4.600,00	Dados primários da Ecosan (K52)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Nota metodológica: para efeitos de comparação com metas, os valores de referência foram definidos com base em metas progressivas associadas a boas práticas organizacionais e benchmarks regionais, respeitando o conceito de melhoria contínua previsto na ISO 30414:2018 e na GRI 405:2021. A meta para a educação corresponde a um acréscimo de 12% em relação à média local; a meta para saúde é baseada em projeções de qualidade de vida em regiões metropolitanas; e a meta de renda visa aproximar o salário médio interno dos valores pagos por empresas de porte e setor similares.

b) Inferências gerenciais

O resultado obtido para o K64 – IDH Segmentado permite inferir que a Ecosan possui um ambiente organizacional estruturalmente favorável ao desenvolvimento humano, mas ainda com desafios pontuais de equidade interdimensional, sobretudo na dimensão educacional. Essa leitura é coerente com o estágio de consolidação de empresas de pequeno porte que operam em setores técnicos especializados e com quadros enxutos.

A renda média dos colaboradores CLT, próxima a R\$ 4.400,00, revela um patamar salarial significativamente superior ao salário mínimo nacional, sugerindo a existência de uma política de remuneração compatível com o porte e o perfil técnico da empresa. Isso reforça a importância de manter mecanismos de valorização interna, como bônus por desempenho, trilhas de carreira e participação nos resultados, alinhados às diretrizes da ISO 30414:2018 (indicadores de remuneração e equidade) e da GRI 405-2 (razão entre salários mais baixos e médios).

Por outro lado, o valor relativamente inferior da dimensão educacional sugere a ausência de estratégias sistematizadas de formação continuada. Isso abre espaço para o desenvolvimento de programas internos de qualificação técnica, parcerias com instituições de ensino e incentivo à educação formal, iniciativas compatíveis com os ODS 4 e 10 da Agenda 2030 da ONU. A implementação progressiva de mecanismos de rastreabilidade da escolaridade pode fortalecer ainda mais a robustez do K64 e abrir caminho para o monitoramento longitudinal da evolução do capital humano da empresa.

Adicionalmente, o K64 reforça seu papel como instrumento de governança social ao permitir o monitoramento integrado de variáveis tradicionalmente tratadas de forma isolada (educação, saúde e renda). A manutenção de seu uso em ciclos subsequentes pode promover uma cultura de avaliação contínua da equidade estrutural, incentivando a formulação de políticas internas mais justas, transparentes e inclusivas.



Por fim, o K64 se mostra uma ferramenta estratégica de alinhamento institucional com os princípios da responsabilidade social corporativa, como proposto pela ISO 26000:2010, ao mesmo tempo em que contribui com o cumprimento de compromissos voluntários e regulatórios, como os relatórios ESG, as diretrizes GRI e os critérios de elegibilidade para programas públicos de fomento à sustentabilidade, como o Programa MOVER (Brasil, 2023).

5.3.15 K65 – Gini segmentado

Introdução conceitual

O indicador K65 – Gini Segmentado integra o setor 6 do modelo ampliado 5 SEnSU+G, dedicado à governança para a sustentabilidade. Trata-se de um índice adimensional estruturado com base na adaptação do coeficiente de Gini, tradicionalmente utilizado para mensurar desigualdade de renda em populações amplas (SEN, 1973; ATKINSON, 1970), agora aplicado ao contexto organizacional da Ecosan, com foco na estrutura salarial interna.

A versão segmentada adotada neste indicador se refere à aplicação do índice exclusivamente ao subconjunto formado pelos colaboradores com vínculos diretos e formais sob regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), o que permite mensurar a amplitude salarial interna com base nos extremos da estrutura remuneratória. Esta abordagem respeita o princípio da materialidade organizacional e a rastreabilidade de dados, conforme orientações das normas ABNT ISO 26000:2010, ISO 30414:2018 e da diretriz GRI 405-2 (2021).

Diferentemente de indicadores agregados de desempenho social, o K65 apresenta-se como uma métrica sintética que revela, por meio de um único valor, o grau de disparidade relativa entre o menor e o maior salário praticado na organização. Sua construção metodológica foi pensada para oferecer simplicidade de cálculo, clareza interpretativa e compatibilidade com auditorias internas, diagnósticos ESG e compromissos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) — especialmente o ODS 10 – Redução das Desigualdades (ONU, 2015).

A introdução do K65 no modelo 5 SEnSU+G representa um avanço metodológico significativo ao internalizar uma variável clássica da economia distributiva na matriz de governança corporativa. Ao quantificar a desigualdade entre o piso salarial atual (R\$ 1.875,00) e o teto salarial (R\$ 50.000,00), o indicador oferece à Ecosan uma base crítica para formulação de políticas de remuneração mais justas, bem como subsídios para revisar cargos, promover a equidade e mitigar riscos reputacionais associados à concentração de renda (KPMG, 2021; ISO 30414:2018; ONU, 2015).

Como demonstram estudos recentes, amplitudes salariais muito elevadas estão associadas a menor coesão institucional, aumento da rotatividade e dificuldades na atração e retenção de talentos, sobretudo em empresas com forte hierarquia funcional (GRI, 2021; OIT, 2020). Assim, o K65 fortalece a governança sobre temas tradicionalmente invisibilizados nos sistemas convencionais de gestão, consolidando o modelo 5 SEnSU+G como uma ferramenta inovadora, ética e aplicável a organizações de diferentes portes.

Escopo de análise



O indicador K65 – Gini Segmentado foi concebido para avaliar a desigualdade salarial interna da Ecosan, considerando exclusivamente os colaboradores com vínculo direto e formal sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). O escopo de análise contempla os trabalhadores ativos nas três principais etapas operacionais da empresa:

- Etapa 1 – Escritório administrativo: funções de gestão, planejamento, engenharia e atendimento;
- Etapa 2 – Fábrica de pré-montagem: produção dos módulos RAFA e biofiltros;
- Etapa 3 – Instalação em campo: execução da obra civil nos locais de implantação do sistema.

A escolha por restringir a análise aos colaboradores CLT da própria Ecosan baseia-se em critérios de rastreabilidade, confiabilidade e controle organizacional efetivo, conforme as normas ABNT ISO 26000:2010 e ISO 30414:2018. Ainda que a etapa de instalação (Etapa 3) seja frequentemente executada por equipes terceirizadas, essas não foram incluídas no escopo, dada a inexistência de dados auditáveis sobre suas remunerações e o potencial risco de sobreposição contratual.

Além disso, a adoção desse recorte metodológico assegura coerência com os demais indicadores do modelo 5 SEnSU+G, em especial o K52 (Salários), que também utiliza como critério de inclusão o vínculo empregatício direto. Isso reforça a padronização da unidade funcional adotada em todo o modelo: 1 sistema RAFA + biofiltro entregue e instalado, permitindo a normalização de dados e sua posterior comparabilidade.

Por fim, o foco na amplitude salarial entre os extremos (piso e teto) atende à recomendação da GRI 405-2 (2021) sobre a mensuração de disparidades salariais e à necessidade de diagnósticos objetivos e replicáveis em ambientes corporativos de pequeno porte, promovendo a justiça remuneratória como componente da governança social.

Fontes de dados

Os dados utilizados na construção do indicador K65 – Gini Segmentado foram obtidos a partir de informações primárias fornecidas pela área administrativa da Ecosan, com base nos registros de remuneração mensal bruta praticada na empresa. As informações dizem respeito exclusivamente aos colaboradores contratados sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), em atividade nas três etapas operacionais da organização.

O levantamento considerou os valores extremos da estrutura salarial vigente:

- Piso salarial praticado: R\$ 1.875,00;
- Teto salarial praticado: R\$ 50.000,00.

Esses valores foram utilizados sem aplicação de filtros por cargo, função ou área de atuação, uma vez que o objetivo do indicador é capturar a amplitude salarial máxima entre os extremos da estrutura remuneratória formal da organização. Não foram considerados adicionais variáveis como comissões, bonificações ou lucros, conforme orientação da GRI 405-2 (2021) para indicadores de justiça salarial baseados na remuneração nominal.

Os dados, apesar de declaratórios e ainda não auditados por meio de sistemas formais de gestão de folha de pagamento ou relatórios financeiros homologados, foram aceitos com base no princípio da boa-fé institucional e da materialidade progressiva, conforme preconizado pela ISO 30414:2018 e pela ABNT PR 2030:2023.



A ausência de um plano de cargos e salários consolidado e documentado limita o grau de rastreabilidade do indicador. Ainda assim, o uso de dados reais fornecidos pela empresa permite uma análise diagnóstica legítima, com potencial de replicabilidade e evolução futura, especialmente em ciclos avaliativos posteriores com maior disponibilidade de informações.

A adoção da fórmula simplificada do coeficiente de Gini, baseada nos dois extremos salariais (piso e teto), é justificada pela limitação informacional da base atual e pela coerência com estudos sobre desigualdade organizacional em ambientes de pequeno porte (SEN, 1973; ATKINSON, 1970). Esta abordagem também se alinha à proposta do modelo 5 SEnSU+G, que prioriza indicadores auditáveis, transparentes e factíveis para organizações com baixa densidade de dados estruturados.

a) Limitações e recomendações

A construção do indicador K65 – Gini Segmentado baseou-se em dados primários declarados pela equipe administrativa da Ecosan, sem o apoio de sistemas formais de folha de pagamento ou registros auditáveis de estrutura remuneratória. Essa limitação impõe restrições à rastreabilidade e à profundidade da análise, sobretudo no que diz respeito à distribuição interna de salários por função, gênero, tempo de casa ou nível hierárquico.

Além disso, a inexistência de um plano de cargos e salários formalizado compromete a possibilidade de inferir com segurança a lógica de progressão ou de justiça remuneratória estrutural. Embora a abordagem do Gini segmentado (baseado apenas em dois pontos de renda: o menor e o maior salário) seja metodologicamente válida para ambientes com baixa densidade de dados (SEN, 1973; ATKINSON, 1970), ela não captura nuances como dispersão intermediária ou desigualdade de oportunidades salariais — aspectos tratados com mais profundidade em modelos como a ISO 30414:2018 ou a GRI 405-2 (2021).

Recomenda-se que a Ecosan avance, nos próximos ciclos, na estruturação de mecanismos formais de gestão de capital humano, com destaque para:

- Elaboração de um plano de cargos, salários e faixas remuneratórias auditáveis;
- Registro sistemático de remunerações em sistema homologado (ERP³⁶ ou folha);
- Inclusão de critérios de transparência, diversidade e inclusão na política salarial.

Tais medidas ampliam a robustez técnica do indicador e viabilizam a evolução metodológica do K65 para versões mais sofisticadas e aderentes aos padrões internacionais de governança social (ISO 26000:2010; ISO 30414:2018; GRI 405, 2021). Ainda que se trate de uma organização de pequeno porte, a adoção progressiva de práticas de formalização salarial contribui para a equidade interna e para o posicionamento institucional da empresa em programas de fomento, certificações ESG e reportes de sustentabilidade.

Metodologia de cálculo

³⁶ ERP, em inglês, "Enterprise Resource Planning", que em português se traduz como Planejamento de Recursos Empresariais. É um sistema de software que ajuda as empresas a gerenciar e integrar as principais áreas de seus negócios, como finanças, RH, cadeia de suprimentos, manufatura e operações. Essencialmente, um sistema ERP unifica todos os processos de negócios em uma única plataforma, proporcionando uma visão abrangente e em tempo real da empresa.



A metodologia adotada para o cálculo do indicador K65 – Gini Segmentado fundamenta-se na adaptação do coeficiente de Gini clássico para o contexto organizacional de pequeno porte. O objetivo central é mensurar, de forma objetiva e auditável, a amplitude salarial entre os extremos da estrutura remuneratória formal da Ecosan, utilizando uma fórmula simplificada que preserva a lógica de justiça distributiva proposta originalmente por Sen (1973) e Atkinson (1970).

A abordagem segmentada, também chamada de “Gini bipartido” ou “Gini entre extremos”, é particularmente adequada em situações em que não se dispõe de uma distribuição detalhada de salários por faixas ou percentis — realidade comum em empresas que ainda não possuem plano de cargos e salários formalizado, conforme reconhecido pela ISO 30414:2018 (relato de capital humano) e pelas diretrizes da GRI 405-2 (2021).

O modelo proposto privilegia a transparência metodológica, a simplicidade operacional e a compatibilidade com auditorias externas, mantendo a aderência aos princípios da governança social e da responsabilidade organizacional, como definido pela ABNT ISO 26000:2010 e pela ABNT PR 2030:2023. Ainda que o método não capture toda a dispersão salarial da empresa, ele oferece um diagnóstico legítimo sobre assimetrias estruturais de remuneração, sendo útil para a formulação de metas de equidade e justiça interna.

A seguir, apresenta-se a fundamentação conceitual do modelo e a fórmula aplicada ao cálculo do índice.

a) Fórmula geral do indicador K65

A adoção da fórmula simplificada do coeficiente de Gini decorre da natureza dos dados disponíveis para o indicador K65. Como não há acesso à distribuição completa dos salários da organização, mas apenas aos extremos (piso e teto), optou-se por aplicar a abordagem conhecida como Gini bipartido ou Gini entre extremos (SEN, 1973; ATKINSON, 1970).

Equação VIII

$$K65 = G = \frac{S_{máximo} - S_{mínimo}}{S_{máximo} + S_{mínimo}}$$

Essa versão segmentada é amplamente reconhecida em estudos organizacionais de pequeno porte e visa mensurar a amplitude salarial relativa entre dois pontos de renda, de forma simples, reprodutível e compatível com auditorias de governança social (2019; ISO 30414, 2018). Trata-se de uma alternativa válida ao Gini tradicional, que requer uma série ordenada de rendimentos, o que não é possível neste caso.

Assim, o uso do Gini Segmentado está metodologicamente justificado pela limitação dos dados, pela fidelidade à estrutura interna da Ecosan e pela aderência às boas práticas de mensuração de capital humano e justiça salarial, conforme orientações da GRI 405-2 (2021) e da ABNT PR 2030 (2023).

Para fins de simplificação e aplicabilidade à Ecosan, a fórmula do Gini Segmentado é dada por:

$$G = \frac{S_{máximo} - S_{mínimo}}{S_{máximo} + S_{mínimo}}$$

Onde:



- $S_{\text{máximo}}$ = salário mais alto da estrutura atual (R\$ 50.000,00);
- $S_{\text{mínimo}}$ = salário mais baixo da estrutura atual (R\$ 1.875,00).

Substituindo os valores:

$$K65 = G = \frac{50.000,00 - 1.875,00}{50.000,00 + 1.875,00} = \frac{48.125,00}{51.875,00} = 0,9277$$

K65 = Gini segmentado = 0,928

O resultado final do indicador, portanto, é $K65 = 0,9277$, refletindo a amplitude percentual da desigualdade entre os salários mais alto e mais baixo da estrutura formal da empresa.

Esse valor representa um índice adimensional que, por definição, varia entre 0 e 1, e permite a interpretação direta da magnitude da disparidade salarial observada.

b) Interpretação do resultado

O valor apurado para o indicador K65 foi de 0,9277, resultado que indica uma alta desigualdade salarial entre os extremos da estrutura remuneratória da Ecosan. Como o índice é adimensional e varia entre 0 (igualdade perfeita) e 1 (desigualdade total), esse resultado posiciona a organização em um patamar crítico em termos de amplitude salarial, mesmo considerando o porte da empresa e o número reduzido de vínculos CLT ativos.

É importante ressaltar que, embora o K65 seja derivado do coeficiente de Gini tradicional, ele não reflete a distribuição completa dos salários internos, mas sim a relação entre o maior e o menor salário praticado. Essa versão simplificada é metodologicamente válida e particularmente útil em organizações de pequeno porte, conforme reconhecido por Sen (1973), Atkinson (1970) e por recomendações normativas como a ISO 30414:2018 e a GRI 405-2 (2021).

A interpretação do valor deve considerar também os potenciais efeitos sobre a governança social. Estudos internacionais demonstram que amplitudes salariais superiores a 20 vezes podem comprometer a coesão organizacional, afetar o engajamento dos colaboradores e gerar riscos à reputação institucional (KPMG, 2021; OIT, 2020). No caso da Ecosan, a razão entre teto e piso salarial é de aproximadamente 26,7 vezes, o que corrobora o alerta metodológico sinalizado pelo valor do K65.

Portanto, o resultado de 0,9277 deve ser entendido como um indicador de atenção prioritária, pois evidencia assimetrias estruturais que podem comprometer os princípios de justiça distributiva, equidade interna e sustentabilidade social — todos pilares essenciais da governança corporativa responsável, conforme delineado pela ABNT ISO 26000:2010 e pelas diretrizes da Agenda 2030 da ONU (ODS 10).

c) Justificativa metodológica

A escolha metodológica que fundamenta o cálculo do indicador K65 – Gini Segmentado baseia-se na necessidade de capturar, de forma objetiva e comparável, a desigualdade salarial interna na Ecosan, mesmo em um contexto de limitação informacional típica de organizações de pequeno porte. Diante da ausência de



uma distribuição completa dos salários e da inexistência de um plano formalizado de cargos e salários, optou-se por uma versão adaptada do coeficiente de Gini, conforme recomendado por Sen (1973), Atkinson (1970).

A abordagem adotada — também conhecida como Gini de dois pontos ou Gini bipartido — utiliza apenas os valores do piso e do teto salarial como elementos de entrada. Essa opção metodológica encontra respaldo em marcos normativos como a ISO 30414:2018, que orienta a mensuração da equidade remuneratória com base nos dados efetivamente disponíveis, e a GRI 405-2 (2021), que encoraja a análise de disparidades salariais com base em faixas ou cargos organizacionais.

Além disso, a simplicidade da fórmula utilizada permite reprodutibilidade e aplicabilidade prática, sem exigir sistemas de gestão de RH altamente estruturados. Isso torna o K65 particularmente útil para auditorias internas, avaliações ESG e diagnósticos de justiça salarial, além de servir como referência estratégica para planos de valorização do trabalho e mitigação de assimetrias distributivas.

$$G = \frac{S_{máximo} - S_{mínimo}}{S_{máximo} + S_{mínimo}}$$

A escolha da desigualdade salarial como dimensão da governança social é coerente com o papel que os indicadores do setor 6 do modelo 5 SEnSU+G devem exercer: monitorar, auditar e orientar decisões institucionais sobre temas críticos à sustentabilidade corporativa, incluindo justiça social, coesão interna e responsabilidade com *stakeholders* internos (ISO 26000:2010; ONU, 2015).

Portanto, o K65 configura-se como uma solução metodológica proporcional ao porte e à maturidade organizacional da Ecosan, sendo tecnicamente defensável, normativamente alinhado e estrategicamente relevante.

Resultados e análise crítica

A presente seção consolida os resultados obtidos para o indicador K65 – Gini Segmentado, a partir dos dados primários de remuneração fornecidos pela Ecosan e do modelo metodológico adaptado com base na literatura especializada. O objetivo é analisar criticamente a amplitude salarial interna como *proxy* de desigualdade organizacional, considerando tanto a validade algébrica dos resultados quanto suas implicações institucionais e estratégicas.

O valor final do K65 será interpretado à luz das diretrizes da ISO 30414:2018, da GRI 405-2:2021, e de estudos sobre governança social e justiça distributiva em ambientes corporativos (SEN, 1973; KPMG, 2021; OIT, 2020). A análise considera ainda os limites e possibilidades inerentes ao porte da organização, sua estrutura funcional e os recursos disponíveis para implementação de políticas de equidade.

A subseção 5.1 apresenta os dados de entrada e a meta estabelecida, servindo como base para o cálculo do indicador e para a formulação das diretrizes de melhoria contínua em ciclos subsequentes do modelo 5 SEnSU+G.

a) Dados de entrada e metas



Para o ciclo avaliativo de 2024, o indicador K65 foi calculado com base em dados primários declarados pela área administrativa da Ecosan, referentes à remuneração mensal bruta dos colaboradores com vínculo CLT ativo. A seguir, apresenta-se o quadro-síntese, Tabela 47, com os valores utilizados:

Tabela 47 - Dados de entrada para o cálculo do K65 – Gini Segmentado

Elemento	Valor informado (R\$/mês)	Fonte de dados
Piso salarial	R\$ 1.875,00	Ecosan – setor administrativo
Teto salarial	R\$ 50.000,00	Ecosan – setor administrativo
Meta para K65	≤ 0,8814 (redução de 5%)	Meta institucional para 12 meses

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025); Ecosan (2024)

A meta estabelecida para o indicador K65 é a redução de 5% no valor atual, partindo de 0,9277 para no máximo 0,8814 ao final dos 18 meses subsequentes. Essa meta foi construída com base em recomendações internacionais que alertam para os riscos associados a amplitudes salariais superiores a 20 vezes entre os extremos da estrutura remuneratória (GRI, 2021; ISO 30414:2018; OIT, 2020). No caso da Ecosan, a relação atual entre o maior e o menor salário é de 26,7 vezes.

A definição dessa meta está em consonância com os princípios de proporcionalidade, transparência e progressividade, previstos na ISO 26000:2010, bem como com as diretrizes de redução de desigualdades estabelecidas pelo ODS 10 da Agenda 2030 da ONU.

b) Inferências gerenciais

O valor de K65 = 0,9277, apurado com base na razão entre os extremos salariais da Ecosan, impõe à gestão organizacional importantes reflexões estratégicas sobre equidade interna, coesão institucional e sustentabilidade social corporativa. Embora seja comum, em empresas de pequeno porte e estrutura enxuta, a presença de funções altamente especializadas com remunerações superiores à média, a permanência de um coeficiente de desigualdade elevado pode gerar efeitos negativos cumulativos, tanto no plano interno quanto externo.

No plano interno, uma amplitude salarial desproporcional compromete a percepção de justiça organizacional entre os colaboradores, podendo impactar o clima de trabalho, a rotatividade e o engajamento, especialmente em estruturas que não dispõem de mecanismos formais de progressão, transparência nos critérios remuneratórios ou políticas de valorização do piso (ISO 26000:2010; GRI 405-2:2021). A literatura mostra que percepções de desigualdade estão associadas a menor satisfação, aumento de conflitos laborais e dificuldade na retenção de talentos (KPMG, 2021; OIT, 2020).

No plano externo, a ausência de gestão sobre a amplitude salarial pode comprometer a imagem institucional da empresa frente a *stakeholders*, programas de fomento, linhas de crédito ESG e certificações de responsabilidade social. O alinhamento a normativas como a ISO 30414:2018 e a ABNT PR 2030:2023 exige que as organizações avancem progressivamente no monitoramento da equidade interna, especialmente no que diz respeito à transparência de critérios remuneratórios e à rastreabilidade das decisões gerenciais em matéria de capital humano.

A interpretação gerencial do K65 deve, portanto, ser orientada por dois eixos estratégicos:



- Gestão de riscos reputacionais e operacionais, associados à desigualdade interna excessiva;
- Planejamento de ações corretivas estruturadas, com base em evidências e em metas progressivas, tais como:
 - Revisão voluntária do teto salarial, quando possível;
 - Valorização do piso com ganhos reais acima da inflação;
 - Criação de um plano de cargos e salários;
 - Transparência e comunicação ativa sobre os critérios de remuneração.

A inclusão do K65 no modelo 5 SEnSU+G consolida sua função como indicador de governança social crítica, integrando dimensões quantitativas da justiça organizacional a práticas de gestão sustentável. A superação do valor atual depende da capacidade da Ecosan em internalizar políticas de equidade como eixo estruturante de sua cultura institucional.

5.4 Metas

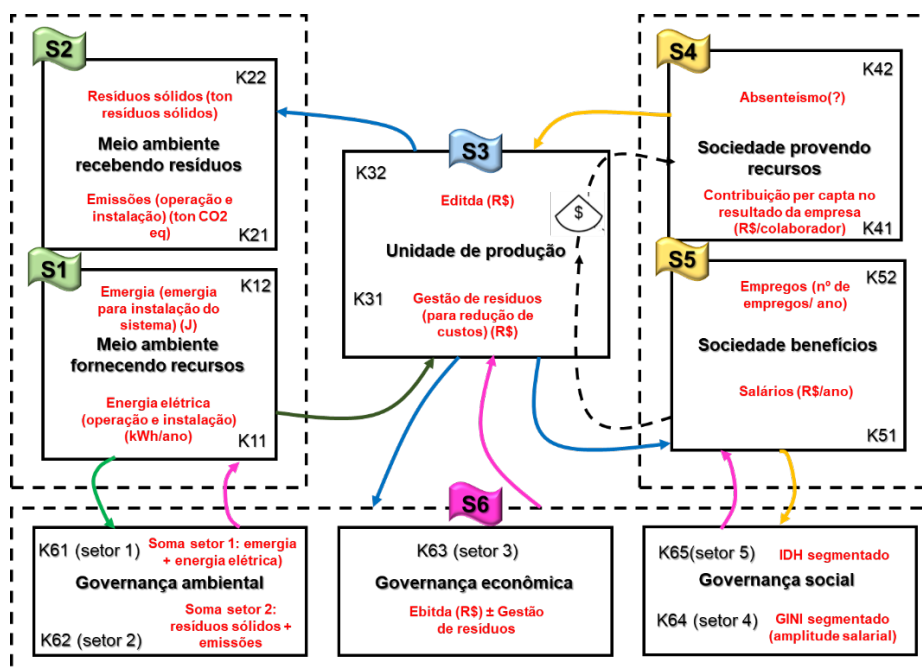
A ampliação do escopo do modelo original de Avaliação da Sustentabilidade, o 5 SEnSU, resultou, neste estudo, na aplicação de uma versão inédita e personalizada, denominada 5 SEnSU+G, adequada às especificidades da Ecosan. Embora o novo modelo incorpore inovações relacionadas à governança (setor 6), foram mantidas como premissas metodológicas as diretrizes propostas por Giannetti et al. (2019), especialmente no que diz respeito à definição de indicadores para os cinco setores clássicos. Para os setores de 1 a 5, foram estabelecidos dois indicadores por setor, enquanto o setor 6 — dedicado à governança — contou com cinco indicadores específicos, refletindo sua natureza transversal.

A seleção dos indicadores foi conduzida com base na realidade operacional da Ecosan, priorizando aspectos que refletem sua atuação no saneamento ambiental, sua estrutura organizacional e as possibilidades de inovação sustentável. Tal abordagem busca não apenas aferir o desempenho atual, mas também orientar a empresa em uma trajetória de transição estratégica, consolidando a sustentabilidade como eixo estruturante de seu modelo de negócios.

Além disso, os critérios de escolha foram influenciados por sua aderência a compromissos internacionais, como a Agenda 2030 da ONU e os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), bem como pela disponibilidade de dados primários e secundários. A estruturação e o cruzamento desses indicadores foram sistematizados conforme apresentado no Diagrama 1, que organiza visualmente as conexões entre os setores e seus respectivos instrumentos de medição:



Diagrama 1 - 5 SEnSU+G e interações



Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

5.4.1 Definição das metas e referências e critérios (justificativa da escolha das metas)

5.4.1.1 K11 – Energia elétrica

A definição de metas progressivas de consumo energético é essencial para consolidar uma trajetória de sustentabilidade organizacional que seja mensurável, auditável e alinhada às boas práticas internacionais. No caso da Ecosan, cujo consumo energético total consolidado nas etapas de escritório, fabricação e instalação foi estimado em 71.002,40 kWh/ano, torna-se necessário adotar uma referência robusta para nortear os esforços de redução nos próximos dez anos.

Embora o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 – Energia limpa e acessível (ODS 7) não estabeleça uma meta percentual fixa de redução do consumo, ele propõe, por meio da meta 7.3, que até 2030 os países e instituições busquem “dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética” (ONU, 2015). Historicamente, essa taxa tem oscilado em torno de 1,5% ao ano, segundo relatórios da Agência Internacional de Energia (IEA). Dobrar essa taxa implica, portanto, uma melhoria anual de 3% na eficiência energética, o que, ao longo de uma década, representa uma redução acumulada de aproximadamente 26,26% no consumo de energia, assumindo um cenário composto (UNDP, 2023; IEA, 2022).

Matematicamente, essa redução acumulada é expressa pela fórmula:

$$\text{Redução acumulada} = 1 - (1 - r)^n$$

Onde:

- r = taxa anual de redução (3% ou 0,03);
- n = número de anos (10).



Aplicando a fórmula:

$$1 - (1 - 0,03)^{10} = 26,26\%$$

Essa abordagem oferece uma referência sólida e reconhecida internacionalmente, além de estar plenamente aderente ao espírito da Agenda 2030. A aplicação desse parâmetro permite à Ecosan estabelecer um plano de redução de consumo com base em critérios:

- Alinhados aos ODS, especialmente ao ODS 7.3;
- Auditáveis e mensuráveis, conforme os princípios da ABNT NBR ISO 50001:2018;
- Compatíveis com relatórios e compromissos internacionais, como os promovidos pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pela Plataforma de Indicadores dos ODS Brasil.

Portanto, adotando-se uma meta de redução composta de 3% ao ano, a Ecosan projeta para 2035 uma diminuição acumulada de aproximadamente 26% no consumo de energia elétrica em relação à sua linha de base atual. Esta escolha viabiliza a integração entre metas ambientais, desempenho energético e compromisso institucional com a sustentabilidade, conforme apresenta a Tabela 48:

Tabela 48 - Fórmula de referência para cálculo da redução do consumo de energia elétrica

Símbolo	Significado	Valor usado
r	Taxa de redução anual (como porcentagem)	0,03 = 3%
n	Número de períodos (anos)	10 anos
$(1 - r)^n$	Fator composto de permanência do consumo após 10 anos	$(1 - 0,03)^{10} = 0,7374$
$1 - (1 - r)^n$	Redução acumulada após 10 anos	$1 - 0,7374 = 0,2626$ ou 26,26%

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Com base na Meta 7.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que propõe dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030, a Ecosan adotou como referência uma meta de redução anual composta de 3%, a ser aplicada sobre seu consumo atual de energia elétrica de 71.002,40 kWh/ano. A aplicação dessa meta foi fundamentada em princípios da matemática financeira, especialmente os conceitos de juros compostos utilizados para modelar reduções progressivas ao longo do tempo.

A cada ano, aplica-se uma redução de 3% sobre o consumo do ano anterior, e não sobre o valor original. Isso caracteriza uma progressão composta, em que o valor base diminui anualmente, gerando uma trajetória de redução não linear. Ao final de 10 anos, o consumo é reduzido em cerca de 26,26%, e não 30%, devido ao decaimento da base de cálculo.

A fórmula utilizada é uma adaptação da equação clássica dos juros compostos:

$$V_t = V_0 \times (1 - r)^t$$



Onde:

- V_0 : consumo inicial (71.002,4 kWh/ano);
- r : taxa de redução (0,03 ou 3%);
- t : número de anos;
- V_t : consumo estimado no ano t .

A redução acumulada após 10 anos é então calculada por:

$$1 - (1 - 0,03)^{10} = 0,2626 = 26,26\%$$

Aplicando-se a referida equação ao cenário proposto de redução de consumo de energia elétrica na Ecosan, encontra-se:

Tabela 49 - Redução de consumo de energia elétrica em dez anos

Meta de redução anual (ODS 7.3): 3%			
Ano	V_t – Meta de consumo (kWh/ano)	Redução absoluta (kWh)	Redução percentual acumulada (%)
2025	71.002,40	0,00	0,00%
2026	68.872,33	2.130,07	3,00%
2027	66.806,16	4.196,24	5,91%
2028	64.801,97	6.200,43	8,73%
2029	62.857,91	8.144,49	11,47%
2030	60.972,18	10.030,22	14,13%
2031	59.143,01	11.859,39	16,70%
2032	57.368,72	13.633,68	19,20%
2033	55.647,66	15.354,74	21,63%
2034	53.978,23	17.024,17	23,98%
2035	52.358,88	18.643,52	26,26%

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

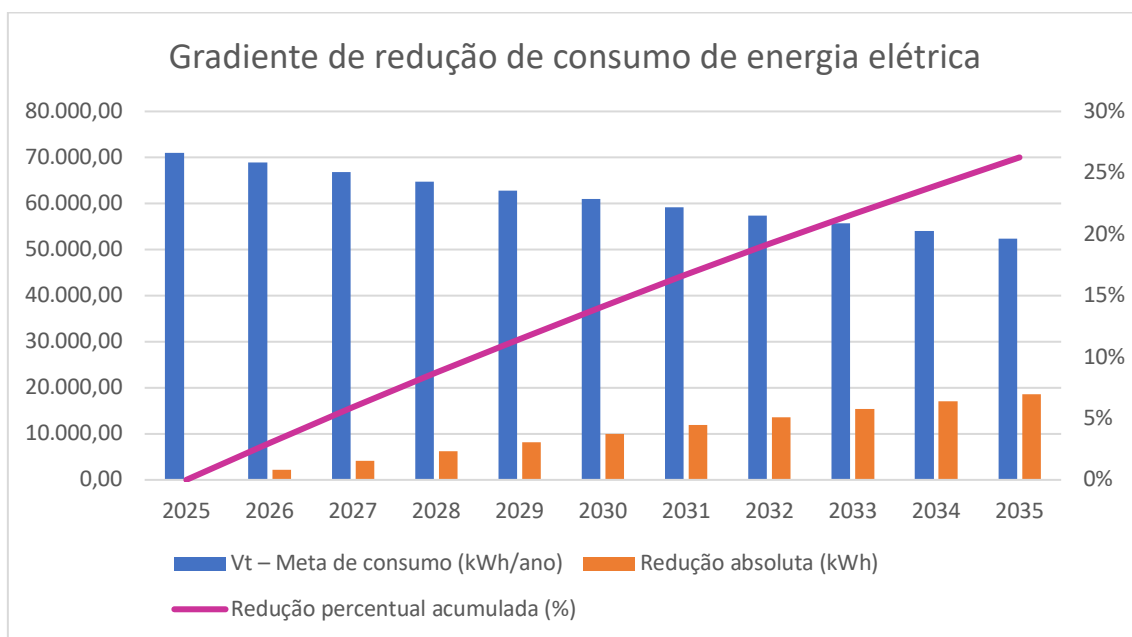
A aplicação dessa fórmula demonstra que:

- A redução anual de 3% aplicada de forma composta gera ganhos energéticos reais e consistentes;
- A base de cálculo decrescente impede que a projeção seja superestimada, garantindo transparência e auditabilidade;
- Essa abordagem é amplamente utilizada para metas de eficiência energética, emissões de carbono e consumo de recursos naturais em programas de sustentabilidade corporativa e projetos certificados.

Em uma visualização gráfica encontra-se:



Gráfico 2 - Gradiente de redução de consumo de energia elétrica



Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

O gráfico apresentado expressa o comportamento do consumo anual de energia elétrica da Ecosan ao longo de um horizonte de 10 anos (2025–2035), com base na aplicação de uma meta de redução progressiva composta de 3% ao ano, em consonância com a Meta 7.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que propõe dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética (ONU, 2015).

A série representada pelas colunas azuis corresponde à meta de consumo anual (V_t), expressa em kWh/ano. A partir de um valor inicial de 71.002,40 kWh/ano em 2025, observa-se uma queda progressiva, resultado da aplicação da fórmula:

$$V_t = V_0 \times (1 - r)^t$$

Onde:

- $V_0 = 71.002,40$ kWh/ano (consumo base);
- $t = 0,03$ (3% de redução anual composta);
- $t =$ número de anos decorridos.

Essa abordagem reflete um modelo de redução composta, amplamente utilizado na modelagem de metas ambientais, por refletir com maior precisão o comportamento de sistemas reais (IEA, 2022).

A série laranja indica o volume absoluto de energia economizada em cada ano, em relação ao valor base de 2025. Como esperado em progressões compostas, o ganho energético por ano aumenta gradativamente, uma vez que a diferença acumulada cresce com o tempo, embora a taxa de redução permaneça constante.

Essa visualização é fundamental para comunicar os impactos reais do plano de eficiência energética em termos absolutos e não apenas percentuais — importante para auditorias, prestação de contas e estimativas de emissões evitadas (UNDP, 2023).



A curva rosa representa o percentual acumulado de redução de consumo de energia ao longo do tempo, atingindo aproximadamente 26,26% ao final do décimo ano. Esse valor foi obtido por meio da fórmula:

$$\text{Redução acumulada} = 1 - (1 - r)^n$$

Onde:

- $r = 0,03$;
- $n = 10$.

$$1 - (1 - 0,03)^{10} = 1 - 0,7374 = 0,2626 = 26,26\%$$

Esse padrão de redução é recomendado por organizações internacionais como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a *International Energy Agency* (IEA), por representar uma trajetória realista, auditável e escalável de transição energética (IEA, 2022; UNDP, 2023).

O gráfico evidencia a proposta de consistência da estratégia, sugerindo a manutenção da meta de redução de energia, ao mesmo tempo que a dilui em dez anos, procurando causar menores impactos da operação, combinando:

- Redução progressiva do consumo;
- Monitoramento por indicadores anuais;
- Alinhamento com o ODS 7 (eficiência energética);
- Potencial de mensuração de emissões evitadas e retorno econômico.

Essa abordagem pode reforçar a maturidade técnica do plano de redução bem como do seu potencial de replicação em outras unidades de saneamento ambiental, destacando a governança energética como eixo estruturante da sustentabilidade organizacional.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

O indicador K11 contribui para a incorporação de critérios energéticos à governança ambiental da Ecosan e alinha-se a compromissos nacionais e internacionais voltados ao uso eficiente da energia, à mitigação de impactos ambientais e à transição para sistemas produtivos sustentáveis.

Em nível normativo, o K11 dialoga diretamente com a ISO 50001:2018, que estabelece requisitos para sistemas de gestão de energia, e com a ISO 14001:2015, ao favorecer a identificação de aspectos energéticos significativos nos processos operacionais. A sua estrutura baseada em etapas do ciclo de vida também é compatível com os princípios da ISO 14040:2006, que orienta a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

O indicador também atende às diretrizes da ABNT PR 2030:2022, que propõe práticas para a transição à economia circular, promovendo a redução de consumo de insumos críticos e energia. Em termos de relato de sustentabilidade, o K11 se articula com os tópicos da GRI 302:2021 – Energia, especialmente os indicadores GRI 302-1 (Consumo de energia dentro da organização) e 302-4 (Redução do consumo de energia), ao permitir a contabilização e o monitoramento sistemático do uso de eletricidade nas diferentes etapas da operação.

No plano global, o K11 contribui diretamente para os compromissos assumidos no âmbito do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) – Energia limpa e acessível, com destaque para a meta 7.3, que



trata do aumento da eficiência energética. Sua aplicação sistemática permite fortalecer a capacidade de prestação de contas da Ecosan perante *stakeholders* e políticas públicas de descarbonização e inovação sustentável.

5.4.1.2 K12 – Emergia

Metas e alinhamentos estratégicos

Meta e trajetória de desempenho

O indicador K12 tem como objetivo medir a emergia total incorporada à produção e implementação de uma unidade funcional do sistema RAFA + biofiltro, expressa em seJ (solar em Joules). Dada sua natureza acumulativa e não adimensional, a meta é expressa como trajetória de redução progressiva da emergia total, tendo como referência o valor obtido no ano-base de 2024.

Para o próximo ciclo, a Ecosan estabelece como meta uma redução mínima de 5% no valor do indicador K12, a partir da reavaliação de materiais, processos e fluxos energéticos com alta transformidade. Essa redução visa refletir melhorias reais na eficiência energética dos processos internos e na escolha de insumos menos intensivos em energia de base solar.

A definição da meta baseia-se na literatura técnico-científica, que sugere a viabilidade de ganhos incrementais em sistemas de produção quando há gestão ativa dos insumos e racionalização das operações (Brown; Ulgiati, 2004; Pereira et al., 2012). A proposta também considera os limites físicos e técnicos do sistema produtivo atual da Ecosan, buscando metas desafiadoras, porém factíveis e auditáveis.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

O indicador K12 está diretamente alinhado a compromissos nacionais e internacionais que promovem o uso responsável de recursos naturais, o ecodesign e a mitigação de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de produtos. Sua aplicação permite à Ecosan integrar a dimensão energética sistêmica nas decisões operacionais e estratégicas, com base em evidências técnicas quantificáveis.

No plano normativo, o K12 reforça os princípios estabelecidos nas normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, que estruturam a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como instrumento para identificação de impactos ambientais desde a extração de matérias-primas até o descarte. Também se alinha à ISO 14001:2015, ao possibilitar a integração da análise energética ao Sistema de Gestão Ambiental da organização.

Em âmbito setorial, o indicador atende às diretrizes da ABNT PR 2030:2022, que propõe orientações para a transição à economia circular, enfatizando a necessidade de mensuração de insumos críticos e da rastreabilidade de fluxos de energia incorporada. Ao mapear a transformidade dos insumos e a carga ambiental total de uma unidade funcional, o K12 favorece a tomada de decisão com base em métricas sistêmicas e auditáveis.

No campo dos Relatórios de Sustentabilidade, o K12 complementa os requisitos da GRI 301:2021 – Materiais, especialmente nos tópicos GRI 301-1 (materiais utilizados por peso e volume) e GRI 301-2



(materiais reciclados). Embora a emergência não se limite a parâmetros físicos, ela oferece um indicador mais abrangente da qualidade ambiental e energética dos insumos utilizados.

Por fim, o indicador fortalece o compromisso da Ecosan com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (Consumo e Produção Responsáveis), contribuindo diretamente para as metas:

- 12.2 – Alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais;
- 12.4 – Gerenciar de forma ambientalmente saudável os produtos químicos e todos os resíduos ao longo de seu ciclo de vida;
- 12.5 – Reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

Nesse sentido, a consolidação do K12 como métrica institucional reforça a governança ambiental da Ecosan, qualifica sua cadeia de valor e posiciona a organização de forma proativa diante de exigências regulatórias, setoriais e de mercado.

5.4.1.3 K21 – Emissões

Meta e trajetória de desempenho

O indicador K21 expressa a pressão ambiental associada às emissões absolutas de gases de efeito estufa (GEE) nas três etapas operacionais do sistema RAFA + biofiltro: projeto, fabricação e instalação. Com base no inventário de emissões da Ecosan de 2022 (719,87 tCO₂e, Escopos 1 e 2), a empresa estabelece uma meta de redução composta anual de 4,2% ao longo de 10 anos, totalizando uma redução absoluta acumulada de 34,89% até 2032.

Essa meta está fundamentada na recomendação da *Science Based Targets initiative – SBTi* (2021), que orienta empresas alinhadas à contenção do aquecimento global em até 1,5°C a reduzirem suas emissões absolutas em no mínimo 4,2% ao ano. A Ecosan adota essa abordagem por reconhecer sua consistência metodológica, auditabilidade e compatibilidade com cenários internacionais de descarbonização.

A projeção é descrita pela fórmula:

$$E_n = 719,87 \times (1 - 0,042)^n$$

Onde:

- E_n = emissões no ano n ;
- n = número de anos após 2022;
- 0,042 = taxa de redução anual.

Essa redução composta evita sobreposição de valores ao longo da série histórica e respeita o princípio do valor presente líquido (VPL), conforme recomendado por Odum (1996) e Brown & Ulgiati (2004) na contabilidade ambiental sistêmica. A tabela a seguir apresenta a trajetória projetada de redução:



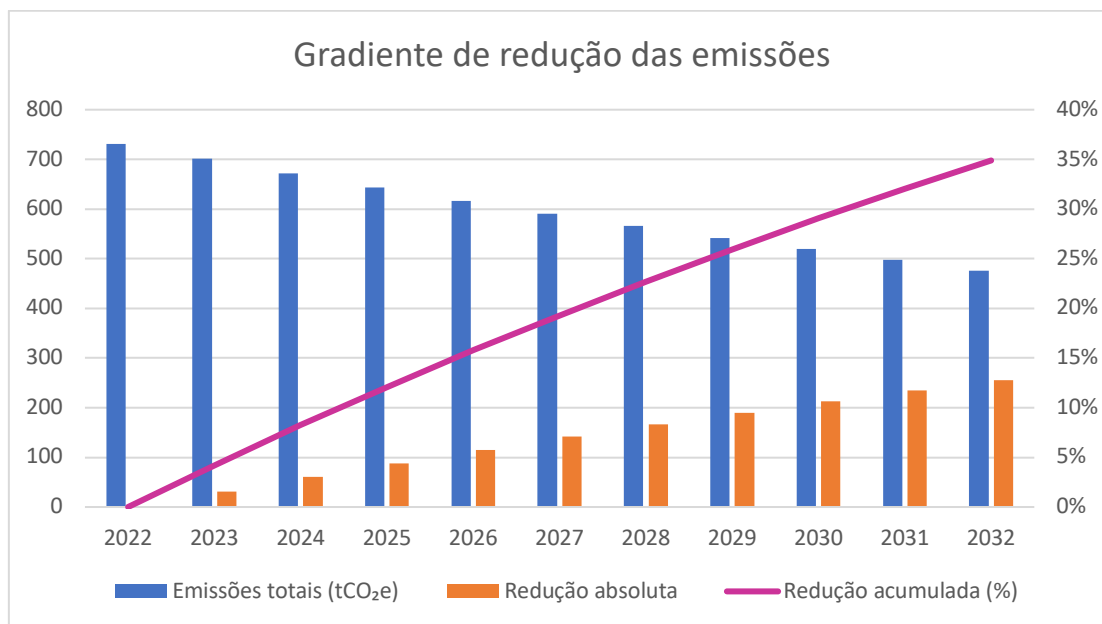
Tabela 50 - Redução de emissões em dez anos

Ano	Emissões totais (tCO ₂ e)	Redução absoluta	Redução acumulada (%)	Fórmula
2022	719,87	0,00	0,00%	$719,87 \times (1 - 0,042)^0$
2023	689,64	30,23	4,20%	$719,87 \times (1 - 0,042)^1$
2024	660,67	59,20	8,22%	$719,87 \times (1 - 0,042)^2$
2025	632,92	86,95	12,08%	$719,87 \times (1 - 0,042)^3$
2026	606,34	113,53	15,77%	$719,87 \times (1 - 0,042)^4$
2027	580,87	139,00	19,31%	$719,87 \times (1 - 0,042)^5$
2028	556,48	163,39	22,70%	$719,87 \times (1 - 0,042)^6$
2029	533,10	186,77	25,94%	$719,87 \times (1 - 0,042)^7$
2030	510,71	209,16	29,05%	$719,87 \times (1 - 0,042)^8$
2031	489,26	230,61	32,03%	$719,87 \times (1 - 0,042)^9$
2032	468,72	251,15	34,89%	$719,87 \times (1 - 0,042)^{10}$

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

A evolução projetada também é representada na imagem a seguir:

Gráfico 3 - Projeção da trajetória de redução absoluta das emissões (2022–2032), segundo a meta de 4,2% ao ano (SBTi, 2021)



Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Para manter a uniformidade dos critérios de cálculo entre os indicadores ambientais (K11 e K21), a meta de redução de emissões de GEE também deve seguir o conceito de redução composta anual conforme adotado para o consumo de energia elétrica no Apêndice A, porém, cada qual com sua referência:

- K11 (energia elétrica): referência ODS 7.3 (ONU, 2015);
- K21 (emissões de GEE): referência *Science Based Targets initiative* – SBTi (2021).

Esse modelo de cálculo adota uma abordagem composta de redução anual, o que evita a sobreposição de valores ao longo da série histórica, assegura a integridade metodológica do indicador e respeita o princípio do valor presente líquido (VPL), amplamente utilizado na economia clássica e na



contabilidade ambiental sistêmica (ODUM, 1996; BROWN; ULGIATI, 2004). Com isso, embora a meta seja expressa como uma redução de 4,2% ao ano, a redução acumulada ao final de um período de 10 anos não é de 42%, mas sim de aproximadamente 34,89%, refletindo o efeito exponencial da aplicação composta da taxa anual.

Em conformidade com os critérios estabelecidos pela iniciativa *Science Based Targets – SBTi* (2021), organizações alinhadas à trajetória de contenção do aquecimento global em até 1,5°C devem promover reduções absolutas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos Escopos 1 e 2 de, no mínimo, 4,2% ao ano. A aplicação dessa taxa de forma composta permite o delineamento de metas robustas, auditáveis e alinhadas às exigências da transição para uma economia de baixo carbono.

Dessa forma, o relatório estabelece como meta de redução de emissões (K21) uma redução composta anual de 4,2% para o período de 2022 a 2032, resultando em uma diminuição absoluta de 719,87 tCO₂e para 468,72 tCO₂e, considerando todas as etapas operacionais da Ecosan (escritórios, fábrica e instalação).

A Ecosan estabelece como compromisso ambiental a redução absoluta de 34,89% de suas emissões de gases de efeito estufa (GEE), no horizonte de 10 anos, com base no inventário de referência de 2022. Essa meta foi definida a partir da aplicação composta de uma taxa de redução anual de 4,2%, conforme recomendação da *Science Based Targets initiative – SBTi* (2021) para empresas alinhadas à meta de contenção do aquecimento global em até 1,5°C.

A adoção da taxa composta evita a sobreposição de valores ao longo da série histórica e respeita o princípio do valor presente líquido (VPL), assegurando a consistência metodológica da trajetória de redução. A Ecosan reforça, com essa iniciativa, seu alinhamento ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 13 – Ação Climática (ONU, 2015), comprometendo-se com a descarbonização progressiva de suas operações e com a mensuração contínua por meio de indicadores operacionais auditáveis.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A definição da meta de redução de emissões do indicador K21 está alinhada a diretrizes reconhecidas de governança climática corporativa, incluindo:

- SBTi (2021) – metas baseadas na ciência, alinhadas à contenção do aquecimento global em até 1,5°C;
- GHG Protocol – Mitigation Goal Standard (2014) – que orienta metas absolutas auditáveis e mensuráveis;
- ISO 14064-1:2018 – norma internacional para quantificação e reporte de GEE em nível organizacional;
- GRI 305:2021 – Emissões – padrões para relato de emissões nos escopos 1, 2 e 3.

No plano nacional, o K21 contribui para os compromissos estabelecidos na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, em conformidade com o Acordo de Paris (UNFCCC, 2015). Também dialoga com o Programa Brasileiro GHG *Protocol* (FGV), que promove o reporte voluntário de emissões e a adoção de metas internas de mitigação.



Por fim, o indicador está diretamente associado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 – Ação Climática (ONU, 2015), com ênfase na meta 13.2, que trata da integração de medidas de mitigação climática ao planejamento institucional. Sua adoção posiciona a Ecosan como organização comprometida com a transição para uma economia de baixo carbono, com métricas verificáveis e consistentes com os padrões internacionais de sustentabilidade.

5.4.1.4 K22 – Resíduos sólidos

Metas e trajetória de desempenho

O cálculo do indicador K22 foi realizado com base nos dados consolidados do ano de 2024, adotado como baseline para a mensuração da geração de resíduos sólidos nas três etapas operacionais da Ecosan: escritório e projeto (Etapa 1), fabricação e pré-montagem (Etapa 2) e instalação no cliente (Etapa 3). A unidade funcional considerada foi a produção e instalação de 1 (um) sistema padrão RAFA + biofiltro, garantindo consistência com os indicadores ambientais K11 (energia elétrica), K12 (energia) e K21 (emissões atmosféricas), conforme definido na seção 4.

Com base nesse diagnóstico, propõe-se uma meta absoluta de redução de 15% na geração de resíduos sólidos não recicláveis até junho de 2027, tomando como referência o valor obtido em 2024. A definição de uma meta absoluta, em vez de relativa ou percentual anual, visa garantir clareza, rastreabilidade e auditabilidade externa, permitindo comparações intertemporais e avaliação de efetividade dos esforços de redução.

Essa meta está em conformidade com os seguintes marcos e diretrizes:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e seu regulamento atualizado pelo Decreto nº 11.899/2025, que reforçam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a obrigatoriedade de planos de gerenciamento e a priorização da não geração de resíduos;
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares (MMA, 2022), que estabelece como diretriz central a redução da geração na origem e o aprimoramento da segregação e destinação correta;
- Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12.5, que recomenda, até 2030, a redução substancial da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2015);
- ISO 14001:2015, que orienta os sistemas de gestão ambiental corporativos à definição de metas mensuráveis e progressivas de desempenho;
- Referenciais setoriais do BNDES, que indicam como viáveis metas de redução de 10% a 20% em ciclos bianuais para empresas de médio porte com estrutura de gestão ambiental consolidada (BNDES, 2019; ABRELPE, 2022).

A formulação da meta baseou-se em três critérios técnicos:

a) Diagnóstico da linha de base de 2024: os dados demonstraram que a maior parte dos resíduos sólidos não recicláveis está associada a processos com baixa capacidade de reaproveitamento, como embalagens contaminadas e rejeitos mistos. No entanto, há oportunidades concretas de melhoria por meio da separação na fonte, reaproveitamento de embalagens limpas e direcionamento adequado à reciclagem;



b) Capacidade institucional da organização: a Ecosan dispõe de estrutura técnica e gerencial suficiente para absorver o desafio da meta no horizonte de dois anos, sem comprometer seu desempenho técnico-operacional;

c) Parâmetros normativos e setoriais: metas semelhantes são recomendadas por órgãos ambientais como a CETESB (2022) e são reconhecidas como auditáveis, viáveis e alinhadas com os compromissos de curto prazo de empresas do setor de saneamento e manufatura leve.

O horizonte proposto até junho de 2027 proporciona à Ecosan tempo hábil para implementar mudanças estruturais, como reavaliação de fornecedores, capacitação de equipes, revisão de embalagens e insumos, além da melhoria na rastreabilidade e destinação dos resíduos. A meta está plenamente integrada aos princípios da economia circular, da hierarquia da gestão de resíduos e da melhoria contínua do desempenho ambiental.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A meta de redução de resíduos sólidos não recicláveis proposta para o indicador K22 está diretamente alinhada com os principais compromissos nacionais e internacionais de sustentabilidade, contribuindo para a efetivação de políticas públicas ambientais e o fortalecimento da atuação da Ecosan como agente de transformação socioambiental no setor de saneamento.

Em âmbito nacional, a estratégia da Ecosan dialoga com os seguintes instrumentos normativos e programáticos:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010: estabelece a priorização da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, bem como a responsabilização compartilhada e a obrigatoriedade dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Decreto nº 11.899/2025, que atualiza a regulamentação da PNRS, reforçando a necessidade de rastreabilidade, logística reversa e desempenho mensurável;
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares (MMA, 2022): define metas e diretrizes para a redução da geração de resíduos na origem, com ênfase na eficiência material, na valorização dos resíduos e na integração com ações locais e regionais de coleta e tratamento;
- Referenciais técnico-setoriais, como os do BNDES e da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), que estabelecem padrões de redução progressiva para empresas de médio porte, favorecendo a rastreabilidade e a auditabilidade externa de metas ambientais.

No plano internacional, o K22 reforça a aderência da Ecosan a:

- ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, especialmente a meta 12.5, que propõe até 2030 a redução substancial da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2015);
- ISO 14001:2015, norma internacional de sistemas de gestão ambiental, que orienta organizações a estabelecerem metas mensuráveis, controlar seus aspectos ambientais e promover a melhoria contínua;



- Economia Circular, conforme os princípios preconizados pela Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2013), que estimulam a extensão do ciclo de vida dos materiais, a minimização de perdas e a reintegração de resíduos ao sistema produtivo;
- Agenda climática brasileira, ao contribuir indiretamente para a mitigação de emissões associadas à disposição final de resíduos, alinhando-se ao Plano Clima e aos compromissos assumidos pelo Brasil em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) no âmbito do Acordo de Paris.

A convergência entre o indicador K22 e essas agendas estratégicas consolida a posição da Ecosan como uma organização comprometida com a sustentabilidade sistêmica, ao mesmo tempo em que fortalece sua legitimidade diante de órgãos reguladores, financiadores e demais partes interessadas.

5.4.1.5 K31 – Resíduos sólidos (redução de custos)

Meta e trajetória de desempenho

Com base nos dados consolidados de 2024 e na análise do potencial de reaproveitamento dos resíduos recicláveis gerados nas três etapas operacionais da Ecosan, estabelece-se como meta para o indicador K31:

- Recuperar ao menos 30% da fração reciclável identificada até setembro de 2026, o que corresponde a um volume mínimo estimado de 1.316,04 kg/ano de resíduos efetivamente encaminhados para reaproveitamento por meio de parcerias com recicladoras licenciadas.

Essa meta corresponde a um horizonte de 15 meses, respeitando a curva de aprendizagem necessária para a adaptação de processos internos, implementação de rotinas de segregação, melhoria dos pontos de coleta e formalização de parcerias logísticas. A definição do valor de referência considerou a massa total potencialmente reciclável registrada no ciclo de 2024 (4.386,81 kg/ano), com base em dados primários e estimativas setoriais documentadas em planilhas internas, inventários operacionais e literatura técnica.

A meta do K31 apresenta atributos de mensurabilidade, auditabilidade e rastreabilidade, conforme boas práticas da contabilidade ambiental corporativa. Sua verificação poderá ser realizada por meio de documentos formais, tais como:

- Notas fiscais de comercialização de recicláveis;
- Registros de coleta seletiva e segregação na fonte;
- Comprovantes de destinação final emitidos por recicladoras homologadas;
- Relatórios internos de inventário físico e financeiro de resíduos.

A proposta é tecnicamente viável e compatível com a estrutura de gestão ambiental da Ecosan, permitindo reorganizações operacionais de baixo custo e rápida implementação, tais como:

- Treinamento das equipes para separação adequada de materiais na origem;
- Melhoria dos pontos de coleta interna e uso de recipientes específicos por tipo de resíduo;
- Estabelecimento de parcerias com recicladoras locais e cooperativas;
- Criação de registros contábeis específicos para acompanhar receitas ou economias associadas à valorização de resíduos recicláveis.



A meta de recuperação de 30% está alinhada às diretrizes normativas e estratégicas vigentes, entre as quais se destacam:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010 e Decreto nº 11.899/2025, que reforçam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a implementação da logística reversa e a valorização econômica dos resíduos como recursos estratégicos (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025);
- Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12.5 (ONU, 2015) – que estabelece a meta global de reduzir substancialmente a geração de resíduos até 2030, por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso;
- Fundação Ellen MacArthur (2015) – que defende a manutenção do valor dos materiais no sistema econômico pelo maior tempo possível, como princípio essencial da economia circular;
- Referenciais setoriais como ABRELPE (2022), CEMPRE (2021) e BNDES (2019) – que indicam metas de recuperação entre 25% e 35% como viáveis e desejáveis para empresas de médio porte em processo de transição para modelos circulares.

Por fim, a adoção do indicador K31 fortalece o compromisso da Ecosan com a Produção Mais Limpa (P+L) e com a economia circular, promovendo ganhos ambientais, operacionais e reputacionais. A recuperação de materiais recicláveis representa não apenas uma estratégia de mitigação de impactos, mas também uma oportunidade concreta de redução de custos e criação de valor econômico e institucional.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A meta estabelecida para o indicador K31 — recuperação de ao menos 30% da fração reciclável até setembro de 2026 — está plenamente alinhada com os compromissos legais, normativos e estratégicos assumidos pelo Brasil e internacionalmente, no campo da sustentabilidade e da economia circular. Esse alinhamento fortalece a coerência institucional da Ecosan e amplia a legitimidade do modelo 5 SEnSU+G como ferramenta integrada de gestão ambiental.

Os principais marcos de referência são:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 11.899/2025, a PNRS estabelece como princípios a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa, e a valorização econômica dos resíduos recicláveis. A meta do K31 está em conformidade direta com o art. 7º do novo decreto, que trata da recuperação de valor em cadeias produtivas e do estímulo à circularidade no setor empresarial (BRASIL, 2010; BRASIL, 2025);
- Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 – Consumo e Produção Responsáveis, especialmente a meta 12.5, que propõe, até 2030, a redução substancial da geração de resíduos por meio da prevenção, reciclagem e reuso (ONU, 2015). O indicador K31 opera diretamente nesse escopo, ao quantificar e estimular o reaproveitamento dos materiais descartados nas operações da Ecosan;
- Fundação Ellen MacArthur (2013; 2015) – referência internacional em economia circular, propõe a preservação do valor dos materiais na economia pelo maior tempo possível, com redução de



perdas e incentivo à reintegração de materiais aos sistemas produtivos. A valorização econômica dos recicláveis no K31 reflete diretamente esse princípio;

- ISO 14001:2015 – Sistemas de Gestão Ambiental, que orienta organizações a definirem metas mensuráveis e progressivas para seus aspectos ambientais significativos, com ênfase na melhoria contínua e na eficiência no uso de recursos. O K31 atende a esse critério ao transformar um passivo ambiental (resíduo) em oportunidade de redução de custos e geração de valor;
- Referenciais setoriais nacionais, como os estudos da ABRELPE (2022), do BNDES (2019) e da CEMPRE (2021), que recomendam a ampliação da rastreabilidade e da valorização dos resíduos recicláveis em cadeias industriais. A meta proposta para o K31 se insere nesse movimento, ao propor metas tangíveis de recuperação com documentação verificável;
- O alinhamento do indicador K31 com esses compromissos fortalece a resiliência institucional da Ecosan, posicionando a empresa como agente ativo na transição para um modelo produtivo mais limpo, eficiente e circular. Além disso, contribui para a aderência regulatória e para a reputação socioambiental corporativa, aspectos crescentemente valorizados por *stakeholders*, investidores e cadeias de suprimento sustentáveis.

5.4.1.6 K32 – Ebitda

Meta e trajetória de desempenho

Considerando as particularidades do EBITDA, que reflete diretamente o desempenho operacional anual da Ecosan, optou-se neste relatório por estabelecer uma meta de crescimento para os próximos 12 meses, evitando projeções excessivas que possam perder aderência frente às incertezas econômicas e ao dinamismo do setor de saneamento.

Com base nos dados fornecidos pela organização, que reportou um EBITDA de R\$ 1.240.979,84 para o ano de 2024, propõe-se uma meta de crescimento nominal de 5% para o ano de 2025, equivalente a R\$ 1.303.028,83. Essa meta é tecnicamente viável e alinhada a estudos de *benchmarking* de pequenas e médias empresas do setor de saneamento e construção civil, cujas variações de EBITDA anual giram entre 4% e 7% em condições macroeconômicas estáveis (SEBRAE, 2023; BNDES, 2023).

O horizonte restrito a 12 meses evita distorções e respeita o caráter apurado anualmente do EBITDA, mantendo coerência contábil e consistência com os princípios de mensuração preconizados pela ABNT PR2030 (2023), que recomenda que indicadores ESG sejam auditáveis, verificáveis e ajustáveis no tempo.

Essa meta de crescimento para 2025 poderá ser revisada anualmente, incorporando o desempenho efetivo apurado ao longo do ciclo contábil, assegurando rastreabilidade e aprimorando a integração entre a dimensão econômica (setor 3) e os demais pilares do modelo 5 SEnSU+G.

Meta consolidada:

Base 2024: R\$ 1.240.979,84

Meta 2025: R\$ 1.303.028,83 (+5% nominal)



Tabela 51 - Meta para Ebitda 2025

Ano	EBITDA projetado (R\$)	Incremento absoluto (R\$)	Incremento percentual (%)
2024	1.240.979,84	0,00	0%
2025	1.303.028,83	62.048,99	5%

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

O indicador K32 – EBITDA, ao expressar a capacidade da Ecosan de manter operações financeiramente viáveis com base em sua atividade principal, está alinhado a uma série de compromissos normativos, estratégicos e regulatórios que integram a agenda nacional e internacional de sustentabilidade corporativa.

No contexto normativo brasileiro, o EBITDA está inserido nos princípios de transparência e integridade financeira estabelecidos pelas normas do Conselho Federal de Contabilidade – CFC (2019), pelo Comitê de Pronunciamentos Contábeis – CPC 26 (2021) e pelas diretrizes complementares da ABNT PR2030 (2023). Esta última enfatiza a necessidade de integrar métricas financeiras às avaliações ESG, promovendo um modelo de contabilidade ambiental e social compatível com os padrões internacionais de relato integrado.

A métrica também encontra respaldo nas diretrizes da *Global Reporting Initiative – GRI 201: Desempenho Econômico* (GRI, 2021), que orienta as organizações a reportarem indicadores que demonstrem sua capacidade de gerar valor econômico sustentável. O EBITDA, ao fornecer um retrato fiel da performance operacional bruta, contribui diretamente para o monitoramento de temas materiais como viabilidade financeira, alocação de recursos e sustentabilidade do modelo de negócios.

No plano estratégico, a inclusão do K32 no painel de governança do modelo 5 SEnSU+G reforça a aderência da Ecosan ao Programa MOVER (BRASIL, 2023), que estabelece metas de inovação industrial, descarbonização e competitividade com base em critérios de viabilidade econômica e socioambiental. O desempenho positivo no indicador K32 qualifica a empresa para dialogar com mecanismos de incentivo público e financiamento verde, que demandam comprovação de equilíbrio financeiro aliado a práticas sustentáveis.

Adicionalmente, o monitoramento sistemático do EBITDA contribui para o cumprimento de compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, como o Acordo de Paris (UNFCCC, 2015) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial o ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico) e o ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), que reconhecem a importância da viabilidade econômica como base para uma transição justa e sustentável.

Assim, o K32 não apenas evidencia a solidez financeira da Ecosan, mas também fortalece sua posição institucional como organização preparada para integrar cadeias de valor sustentáveis, acessar instrumentos de fomento e alinhar sua estratégia aos marcos regulatórios da nova economia verde.

6.4.1.7 K41 – Engajamento dos colaboradores

Meta e trajetória de desempenho



Diante da ausência de séries históricas sobre engajamento interno na Ecosan e do caráter incipiente da institucionalização da sustentabilidade nas práticas corporativas, a definição de uma meta realista para o indicador K41 requer prudência metodológica, alinhamento com boas práticas internacionais e sensibilidade ao estágio de maturidade organizacional.

A meta proposta para o próximo ciclo anual é alcançar 80% de taxa de engajamento dos colaboradores nos processos de definição e validação dos indicadores de sustentabilidade corporativa. Esse patamar é considerado desafiador, porém viável, e está ancorado em fundamentos técnicos e normativos que orientam a transição progressiva para modelos de governança mais participativos:

- Crescimento incremental com base no valor de referência atual

O indicador atual (60%) corresponde a 3 respostas completas sobre 5 colaboradores convidados. A elevação para 80% poderá ser viabilizada mediante ações específicas, como fortalecimento dos canais internos de comunicação, mobilização das lideranças setoriais, e envolvimento ativo da área de Recursos Humanos na gestão de escuta organizacional. A literatura destaca que melhorias na percepção de pertencimento institucional aumentam significativamente os índices de participação em ambientes colaborativos (SALM et al., 2019).

- *Benchmarking* internacional em contextos iniciais de ESG

De acordo com a *Global Reporting Initiative* (GRI, 2020), organizações em fase inicial de incorporação de práticas ESG que adotam metodologias simples de escuta (formulários digitais, oficinas internas, rodas de conversa) costumam alcançar entre 70% e 85% de engajamento interno dentro de dois ciclos de monitoramento. Esse intervalo é reconhecido como tecnicamente factível em empresas de porte semelhante à Ecosan, especialmente quando se vinculam as ações de sustentabilidade aos valores institucionais.

- Aderência aos marcos internacionais de sustentabilidade corporativa

A meta está coerente com os princípios da ISO 26000:2010, que reconhece o envolvimento ativo dos trabalhadores como dimensão estruturante da responsabilidade social e da governança organizacional. Além disso, alinha-se aos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Agenda 2030, especialmente os ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 16 (Instituições Eficazes, Responsáveis e Inclusivas), que promovem mecanismos de participação como vetores para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, a meta de 80% representa um avanço quantitativo, ao mesmo tempo, uma evolução qualitativa da cultura organizacional da Ecosan, fortalecendo sua transição para modelos mais maduros de corresponsabilidade, escuta interna e construção coletiva da sustentabilidade. A trajetória esperada deverá ser acompanhada por critérios de auditabilidade e rastreabilidade, como registros de participação, relatórios internos e validação por *stakeholders* internos, conforme boas práticas estabelecidas na ABNT PR2030:2023 e na ISO 30414:2018.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A adoção do indicador K41 e sua respectiva meta de engajamento de 80% dos colaboradores até o próximo ciclo de avaliação está em plena consonância com os compromissos internacionais assumidos pelo



Brasil e com as diretrizes das políticas públicas nacionais voltadas à sustentabilidade, à responsabilidade social e à valorização do capital humano.

Do ponto de vista normativo, o indicador encontra respaldo nos seguintes marcos:

- ISO 26000:2010 – Diretrizes sobre Responsabilidade Social:

A norma orienta que as organizações devem promover a participação ativa e transparente de suas partes interessadas internas, especialmente os colaboradores, como parte integrante da boa governança. O envolvimento dos trabalhadores nos processos decisórios e nos sistemas de medição de desempenho é um dos pilares da legitimidade organizacional e da eficácia das ações socioambientais (ABNT, 2010).

- ISO 30414:2018 – Diretrizes para Relato do Capital Humano:

Esta norma propõe indicadores-chave de engajamento como parte do sistema de mensuração da performance organizacional. Ela recomenda que a participação dos colaboradores em processos institucionais seja monitorada, reportada e utilizada como base para decisões estratégicas no âmbito ESG.

- ABNT PR2030:2023 – Diretrizes brasileiras para sustentabilidade empresarial:

A prática recomendada enfatiza a necessidade de integração entre indicadores sociais, ambientais e econômicos, e incentiva a adoção de métricas qualitativas como o engajamento dos colaboradores, a escuta ativa e a participação em iniciativas de melhoria contínua como atributos centrais de empresas sustentáveis no Brasil.

- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

O K41 se conecta especialmente aos seguintes ODS:

- ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico: ao promover o envolvimento qualificado dos trabalhadores nas decisões institucionais e no planejamento da sustentabilidade;
- ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes: ao contribuir para a construção de uma governança organizacional inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis (ONU, 2015).

- Pacto Global da ONU (2023):

O Pacto reconhece o engajamento dos colaboradores como critério de maturidade das empresas na internalização dos princípios ESG. A recomendação é que as organizações incentivem o envolvimento ativo de seus times na formulação de indicadores e metas, fortalecendo a cultura de corresponsabilidade.

Ao incorporar esses referenciais, o K41 não apenas atende a requisitos formais de sustentabilidade, mas também contribui para a resiliência organizacional, a qualificação do ambiente de trabalho e a fortalecimento dos vínculos institucionais com *stakeholders* internos, criando bases sólidas para uma cultura empresarial ética, colaborativa e orientada ao longo prazo.

6.4.1.8 K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa

Meta e trajetória de desempenho

A definição de metas para o indicador K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa – visa garantir a rastreabilidade da eficiência econômica da força de trabalho e orientar a gestão estratégica do



desempenho organizacional, em linha com os princípios do modelo 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019) e sua ampliação no 5 SEnSU+G.

Com base no EBITDA reportado para o exercício de 2024 (R\$ 1.240.979,84) e no número de 39 colaboradores internos (32 alocados no escritório sede e 7 na fábrica), o indicador K42 resultou em uma contribuição per capita de R\$ 31.819,99 por colaborador/ano. Esse valor é interpretado como um marco de referência inicial, representando a capacidade média de geração de resultado operacional por colaborador direto.

Para o próximo ciclo anual de avaliação, propõe-se como meta um aumento de 5% na contribuição per capita, resultando em uma meta ajustada de R\$ 33.410,99 por colaborador/ano. Essa meta foi calculada com base na equação:

$$\text{Meta 2025} = \text{R\$ } 31.819,99 \times 1,05 = \text{R\$ } 33.410,99$$

A meta foi definida com um horizonte de 12 meses, conforme detalhado na Tabela 52 abaixo:

Tabela 37 - Meta de aumento da contribuição per capita ao resultado (K42)

Ano-base	Contribuição per capita (R\$/colaborador/ano)	Meta de aumento (%)	Meta ajustada (R\$/colaborador/ano)
2024	31.819,99	—	31.819,99
2025	31.819,99	5%	33.410,99

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Essa proposta está tecnicamente fundamentada nos seguintes aspectos:

- Referenciais econômicos setoriais: segundo o SEBRAE (2021) e a KPMG (2022), metas de evolução de 5% a 7% anuais são compatíveis com o porte e o estágio de maturidade de empresas de médio porte do setor ambiental, especialmente quando aplicadas a indicadores de produtividade interna;
- Contexto inflacionário nacional: a meta proposta supera o índice projetado do IPCA para 2025 (em torno de 4,0%), conforme o Banco Central do Brasil (2024), o que assegura um ganho real, acima da simples recomposição inflacionária;
- Aderência aos princípios ESG: a valorização da força de trabalho e a busca por eficiência sustentável são princípios do pilar econômico do ESG, reforçados pelas diretrizes da ABNT PR2030 (2023) e do *Global Reporting Initiative* (GRI, 2021);
- Coerência metodológica: a unidade funcional permanece a entrega de 1 sistema padrão RAFA + biofiltro, o que garante a comparabilidade com os demais indicadores do modelo 5 SEnSU+G.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A meta estabelecida para o indicador K42 está em consonância com os princípios de sustentabilidade econômica, transparência e responsabilidade corporativa previstos em diversos marcos normativos e estratégicos nacionais e internacionais. Sua implementação contribui diretamente para o fortalecimento da



relação entre desempenho financeiro e valor gerado pelo capital humano, conforme orienta o modelo 5 SEnSU+G.

Entre os principais referenciais que embasam a meta do K42, destacam-se:

- Agenda 2030 da ONU: a meta se alinha ao ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico), ao promover o aumento sustentável da produtividade laboral, e ao ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), ao fomentar eficiência organizacional como instrumento de competitividade;
- ABNT PR2030:2023: a prática de monitoramento da produtividade per capita é recomendada como métrica de gestão econômica vinculada à governança, especialmente quando fundamentada em indicadores contábeis oficiais como o EBITDA, favorecendo a integração com metas ESG;
- GRI 201-1:2021: diretriz da *Global Reporting Initiative* que recomenda a divulgação de resultados econômicos segmentados e o uso de indicadores que relacionem desempenho financeiro à geração de valor para *stakeholders* internos;
- Programa MOVER (BRASIL, 2023): a vinculação entre eficiência operacional, governança e responsabilidade social é um dos pilares do programa, e o K42 contribui para mensuração de resultados compatíveis com as exigências do pacto setorial;
- Princípios contábeis internacionais (IFRS, 2020) e nacionais (CPC 26, CFC, 2019): ao utilizar o EBITDA como base de cálculo, o indicador respeita os padrões de reconhecimento de desempenho operacional amplamente aceitos e auditáveis.

Assim, o indicador K42 não apenas se insere no escopo do modelo 5 SEnSU+G como elemento integrador entre o setor econômico e a governança corporativa, mas também contribui para a aderência da Ecosan aos compromissos internacionais de sustentabilidade, aos referenciais normativos nacionais e às boas práticas de gestão orientada a resultados.

5.4.1.9 K51 – Emprego

Meta e trajetória de desempenho

A meta proposta para o indicador K51 – Empregos consiste na manutenção da força de trabalho formal atual da Ecosan, composta por 50 colaboradores com vínculo direto (CLT), até junho de 2026, a partir da linha de base de 2024. Essa decisão está fundamentada em três critérios técnicos principais:

1. Cenário socioeconômico nacional: o Brasil enfrenta, desde a pandemia de Covid-19, um contexto de recuperação econômica instável, com elevados índices de informalidade e vulnerabilidade no mercado de trabalho (OIT, 2022). Nesse cenário, a manutenção de empregos formais representa um desempenho relevante e socialmente responsável;
2. Capacidade operacional e estabilidade da empresa: a Ecosan demonstrou consistência no seu modelo de negócios, mas ainda não apresenta estrutura consolidada para expansão acelerada de quadros. A preservação dos postos existentes assegura a continuidade operacional e reduz riscos de sobrecarga ou desmobilização de competências;
3. Parâmetros de boas práticas setoriais: de acordo com dados da ANA e ABES (2021), empresas do setor de saneamento apresentam entre 0,4 e 0,8 empregos diretos por sistema entregue. A Ecosan, com 50 colaboradores para uma entrega média anual de 1 sistema padrão, ultrapassa



esse intervalo, caracterizando-se como organização com alta densidade de mão de obra e potencial intensivo de impacto social.

A meta de manutenção quantitativa do quadro funcional será complementada, nos próximos ciclos, por indicadores qualitativos, como taxa de rotatividade, capacitação e diversidade, permitindo uma visão mais abrangente da sustentabilidade do emprego na organização.

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

A meta de manutenção do emprego formal direto está em consonância com os seguintes marcos normativos e estratégicos:

- Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 – Trabalho decente e crescimento econômico (ONU, 2015): estabelece o compromisso com o emprego pleno e produtivo, promovendo ambientes de trabalho estáveis e dignos;
- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010 e Decreto nº 11.899/2025: reforça o papel social dos empreendimentos sustentáveis na geração de trabalho e renda, especialmente em cadeias de valor associadas à economia circular (BRASIL, 2025);
- ABNT PR2030 (2023): preconiza que os indicadores sociais de sustentabilidade devem incluir medidas de manutenção de empregos como forma de mitigar riscos sociais e promover inclusão ativa no desenvolvimento organizacional;
- Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2022): recomenda que os sistemas produtivos priorizem a formalização das relações de trabalho e a estabilidade dos vínculos como fundamento da transição justa para modelos sustentáveis.

5.4.1.10 K52 – Salário

Meta e trajetória de desempenho

A meta estabelecida para o indicador K52 – Salários, é a manutenção do atual patamar salarial praticado pela Ecosan, com revisões periódicas condicionadas aos termos dos acordos sindicais e à legislação trabalhista vigente. Essa diretriz baseia-se na constatação de que:

- A empresa cumpre integralmente o piso salarial da categoria, atualmente fixado em R\$ 1.875,00 (2024), conforme as convenções coletivas setoriais.
- O teto salarial praticado internamente, de R\$ 50.000,00, supera significativamente o teto setorial estimado de R\$ 20.000,00, evidenciando uma política de remuneração robusta, especialmente para cargos de gestão e funções estratégicas.

Essa meta, ainda que conservadora, representa uma estratégia de preservação do poder aquisitivo dos colaboradores em um contexto econômico nacional instável, ao mesmo tempo em que assegura previsibilidade orçamentária, segurança jurídica e conformidade normativa (BRASIL, 1943; SINDUSCON-SP, 2024).

Do ponto de vista da sustentabilidade, a diretriz de manutenção dos níveis salariais atuais permite à empresa:



- Garantir estabilidade financeira para os trabalhadores;
- Preservar a atratividade de quadros técnicos e de liderança;
- Sustentar uma política de compensação alinhada à responsabilidade social corporativa (ABNT, 2010; ONU, 2015).

Contudo, recomenda-se o monitoramento contínuo de indicadores como IPCA e IGP-M, além de métricas internas de satisfação, rotatividade e qualidade de vida, para assegurar que a política remuneratória permaneça coerente, justa e competitiva. Caso sejam identificadas distorções no mercado de trabalho ou novos parâmetros regulatórios, a meta poderá ser revista, desde que respeitados os princípios de rastreabilidade e coerência do modelo 5 SEnSU+G, de acordo com modelo base 5 SEnSU (GIANNETTI et al., 2019).

Alinhamento com compromissos e políticas públicas

O indicador K52 – Salários, ao mensurar a estrutura remuneratória da Ecosan, está diretamente alinhado a compromissos nacionais e internacionais voltados à valorização do trabalho, à promoção da equidade e à sustentabilidade social. Sua abordagem está fundamentada nos seguintes marcos normativos e estratégicos:

- Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ONU, 2015): o K52 contribui para o monitoramento do ODS 8 ao permitir que a organização acompanhe a evolução dos salários frente à inflação, garantindo condições dignas de remuneração e promovendo estabilidade no emprego;
- ISO 26000:2010 – Diretrizes sobre Responsabilidade Social (ABNT, 2010): a norma enfatiza a necessidade de práticas justas de trabalho, incluindo remuneração adequada, não apenas em termos legais, mas também com base na dignidade humana, no bem-estar e no reconhecimento da contribuição individual;
- ABNT PR 2030:2023 – Diretrizes para ESG no Brasil: o indicador atende aos princípios da governança social ao possibilitar a rastreabilidade das práticas de remuneração e sua compatibilidade com o cenário setorial, fortalecendo a dimensão social das estratégias ESG;
- Convenções coletivas de trabalho e legislação brasileira (CLT, artigo 611-A): o cumprimento das diretrizes de negociação sindical, da política de dissídio anual e do piso legal fortalece a aderência da Ecosan à legislação trabalhista e aos direitos dos trabalhadores (BRASIL, 2017);
- Plano Nacional de Trabalho Decente (MTPS, 2022): ao adotar e monitorar o K52, a empresa contribui com a implementação de metas previstas no plano, como a redução das desigualdades salariais e a ampliação do acesso ao trabalho formal e valorizado.

A manutenção do teto salarial elevado e a adoção do piso setorial como referência mínima conferem à Ecosan uma posição de destaque em termos de compromisso com a equidade interna e com a distribuição dos resultados da empresa, ainda que de forma indireta. Essa postura reforça a coerência entre a política remuneratória e os valores centrais da sustentabilidade corporativa e do desenvolvimento social inclusivo.



5.4.1.11 K61 – Emergia + energia elétrica

Metas e Diretrizes de Desempenho

O indicador K61 adota como meta padronizada o valor 1,00, conforme definido para todos os indicadores do setor 6 (Governança) do modelo 5 SEnSU+G. Esse valor representa a condição de governança energética ideal, em que os componentes técnicos — K11 (energia elétrica) e K12 (emergia total) — atingem integralmente suas metas específicas de desempenho. A estrutura algébrica do K61 é baseada na razão entre os valores reais e as metas de referência de seus componentes, de modo que qualquer desvio do valor 1 indica, proporcionalmente, o grau de desalinhamento em relação ao cenário de referência.

Embora a meta composta de K61 permaneça constante, os valores-meta de K11 e K12 são variáveis anuais, definidos com base em diretrizes internacionais de eficiência energética, especialmente a meta 7.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), que propõe dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030. Para efeito de aplicabilidade organizacional, essa diretriz foi traduzida como uma redução anual acumulada de 3% em relação ao ano-base (baseline) de 2024.

Estabelecimento do baseline

O ano de 2024 foi adotado como baseline para a definição das metas de K11 e K12, por ter sido o primeiro ciclo completo de coleta, estimativa e validação de dados energéticos no escopo da Ecosan. Esse marco serve como referência para os cálculos de metas anuais subsequentes e para a construção de séries históricas do indicador K61.

Importante: a meta do indicador composto K61 permanece padronizada como 1,00. As metas abaixo referem-se exclusivamente aos indicadores componentes K11 e K12.

Tabela 53 - Estabelecimento da baseline

Indicador	Baseline (2024)	Meta 2025 (-3%)	Meta 2026 (-6,09%)	Meta 2030 (-16,03%)
K11	15.000 kWh	14.550 kWh	14.091 kWh	12.745 kWh
K12	$3,00 \times 10^{16}$ seJ	$2,91 \times 10^{16}$ seJ	$2,82 \times 10^{16}$ seJ	$2,52 \times 10^{16}$ seJ

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Observação: os valores foram calculados com redução cumulativa de 3% ao ano:

$$\text{Meta}_n = \text{baseline} \times (0,97)^n$$

Diretrizes de interpretação

A interpretação do K61 decorre de sua natureza adimensional e composta, construída a partir da razão entre o valor real e a meta de seus componentes técnicos. A escala de análise adotada é a seguinte:

Tabela 54 - Interpretação de resultados, K61

Valor de K61	Situação	Interpretação gerencial
---------------------	-----------------	--------------------------------



K61 ≤ 1,00	Desempenho igual ou superior à meta	Governança energética eficaz; pressão reduzida ou controlada
K61 > 1,00	Desempenho inferior à meta	Pressão energética acima do esperado; requer ação corretiva

Fonte: Aláfia Sustentabilidade

Essa estrutura permite avaliar desvios agregados, direcionar os esforços de gestão para os vetores mais críticos (K11 ou K12), e aplicar métodos multicritério, como a programação por metas (*Goal Programming*), em sistemas integrados de apoio à decisão (GIANNETTI et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2017).

Articulação com políticas públicas e compromissos setoriais

A estrutura do K61 reforça a capacidade da Ecosan de alinhar sua governança energética a compromissos nacionais e internacionais voltados à transição ecológica e à eficiência de recursos. A existência de metas claras para os componentes do indicador (K11 e K12), aliada à meta padronizada para o desempenho composto (K = 1,00), confere solidez técnica e auditável ao processo de prestação de contas organizacional.

Essa abordagem está plenamente compatível com o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação, instituído pelo Decreto nº 11.638/2023 (BRASIL, 2023), que define critérios ambientais e de governança como pré-requisitos para acesso a incentivos fiscais, apoio à inovação industrial e elegibilidade em políticas públicas sustentáveis.

Assim, o K61 cumpre dupla função estratégica:

- Instrumento interno de governança técnica e gestão da eficiência energética;
- Indicador externo de conformidade regulatória e demonstração de compromisso institucional com a transição ecológica.

5.4.1.12 K62 – Resíduos sólidos + emissões

Estabelecimento das metas dos componentes

O indicador K62, composto pelos vetores de pressão ambiental K21 (emissões atmosféricas) e K22 (resíduos sólidos), adota como meta padronizada o valor K62 = 1,00, conforme diretriz definida para todos os indicadores do setor 6 – Governança, no âmbito do modelo 5 SEnSU+G. Esse valor representa a condição ideal de governança ambiental, na qual ambos os componentes atingem integralmente suas metas específicas de desempenho.

Embora o valor alvo de K62 permaneça constante (K = 1,00), as metas dos componentes técnicos K21 e K22 são dinâmicas, estabelecidas com base em referências internacionais de boas práticas e parâmetros regulatórios, conforme apresentado a seguir:

Tabela 55 - Estabelecimento das metas técnicas (componentes K21 e K22)

Indicador	Meta de referência	Referência técnica
-----------	--------------------	--------------------



K21 – Emissões de GEE por unidade funcional	≤ 100 kg CO ₂ e	<i>Science Based Targets initiative (SBTi, 2023)</i>
K22 – Resíduos sólidos por unidade funcional	≤ 50 kg	GRI 306-2 (2020); Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010; Decreto nº 11.899/2025)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Essas metas refletem padrões técnicos apropriados para organizações com compromisso climático ativo e políticas de redução de resíduos, compatíveis com as exigências da Agenda 2030 da ONU e com os referenciais metodológicos do modelo 5 SEnSU+G.

Diretrizes de interpretação

A interpretação do valor de K62 baseia-se em sua estrutura adimensional, derivada da média aritmética entre os índices normalizados dos componentes K21 e K22. A escala de interpretação é a seguinte:

Tabela 56 - Escala de interpretação do K62

Valor de K62	Situação	Interpretação gerencial
K62 = 1,00	Em linha com a meta	Governança ambiental adequada
K62 < 1,00	Acima da meta	Governança eficaz; pressão reduzida
K62 > 1,00	Abaixo da meta	Governança insuficiente; necessidade de ações corretivas

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Essa lógica interpretativa permite análises comparativas, facilita a gestão por metas e habilita o uso do K62 como mecanismo normativo de monitoramento ambiental integrado.

Articulação com políticas públicas e compromissos setoriais

A padronização do K62 como indicador adimensional, auditável e baseado em metas específicas fortalece a aderência da Ecosan a instrumentos regulatórios e a compromissos nacionais e internacionais de sustentabilidade. Especificamente, o K62 reforça:

- A conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente:
 - ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis;
 - ODS 13 – Ação Climática;
 - ODS 16 – Instituições Eficazes, Responsáveis e Transparentes;
- O alinhamento metodológico com a ABNT PR 2030 (2023) e com a ABNT NBR ISO 14064-1:2019, referentes à mensuração e gestão de emissões;



- A elegibilidade a instrumentos de fomento ambiental, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), que exige métricas auditáveis e padronizadas como critério técnico para concessão de incentivos fiscais e financiamento público.

Ao manter coerência metodológica com os demais indicadores do setor 6 e com as práticas de referência em governança socioambiental, o K62 consolida-se como ferramenta robusta de gestão estratégica, facilitando sua replicação em outros contextos organizacionais e assegurando sua utilidade para processos de certificação, reporte e compliance regulatório.

5.4.1.13 K63 – Ebitda ± gestão de resíduos sólidos

Resultados e análise crítica

a) Estabelecimento das metas dos componentes

O valor de referência para o indicador K63 é $K63 = 1,00$, conforme definido para todos os indicadores do setor 6 – Governança do modelo 5 SEnSU+G. Esse valor representa o cumprimento integral das metas estabelecidas para seus dois componentes: valorização econômica de resíduos recicláveis (K31) e resultado operacional financeiro (K32 – EBITDA). A construção do indicador baseia-se em razões adimensionais, comparando o valor real de cada componente com sua respectiva meta de desempenho.

As metas dos componentes foram definidas com base em *benchmarks* técnico-normativos e projeções compatíveis com empresas de pequeno porte com perfil socioambiental:

- K31 (valorização econômica de resíduos recicláveis): meta de aumento de 30% sobre o valor atual, resultando em R\$ 9.484,80 em receitas;
- K32 (EBITDA consolidado): meta de crescimento de 5% em relação ao valor base, atingindo R\$ 1.303.028,83.

A meta integrada de $K63 = 1,00$ é atingida quando ambos os componentes alcançam suas metas específicas, indicando uma governança capaz de integrar resultados econômicos e ambientais de forma eficaz e sinérgica.

b) Diretrizes de interpretação

A interpretação dos resultados do indicador K63 deve considerar sua natureza adimensional e composta, conforme a escala apresentada na tabela a seguir:

Tabela 57 - Escala para interpretação de resultados

Valor de K63	Interpretação
K63 = 1,00	Desempenho em linha com as metas integradas de valorização e rentabilidade
K63 < 1,00	Desempenho superior às metas (pressão menor / eficiência ampliada)
K63 > 1,00	Desempenho abaixo do esperado (ações corretivas recomendadas)

Fonte: Aláfia Sustentabilidade (2025)

Essa estrutura permite identificar qual dos componentes está mais distante da meta e orientar ações gerenciais proporcionais aos desvios. A média aritmética simples garante proporcionalidade e facilita a comunicação com as partes interessadas (*stakeholders*), em alinhamento com os princípios de inteligibilidade e verificabilidade da ABNT PR 2030 (2023).

c) Articulação com políticas públicas e compromissos setoriais

O indicador K63 reforça o papel da governança institucional como mediadora entre a sustentabilidade econômica e ambiental. Sua estrutura algébrica e conceitual está em consonância com:

- A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010; Decreto nº 11.899/2025), que estimula a valorização de materiais recicláveis e a promoção da economia circular;
- As diretrizes da GRI (2021), que orientam a mensuração do desempenho econômico e ambiental em sistemas de relato integrado;

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, com destaque para:

- ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico;
- ODS 12: Consumo e produção responsáveis;
- ODS 16: Instituições eficazes, responsáveis e transparentes;
- E os critérios técnicos de elegibilidade do Programa MOVER (BRASIL, 2023), que valoriza organizações com indicadores integrados e auditáveis para acesso a incentivos fiscais e financiamento público.

Ao manter uma estrutura coerente com essas normativas e compromissos, o K63 consolida-se como ferramenta estratégica para o alinhamento entre rentabilidade e circularidade, favorecendo a inovação em modelos de negócios sustentáveis e o fortalecimento institucional da Ecosan.

5.4.1.14 K64 – IDH segmentado

O processo de definição das metas do indicador K64 – IDH Segmentado deve equilibrar realismo institucional, compromisso ético com a equidade social e viabilidade operacional. Considerando a natureza multidimensional do indicador, cuja metodologia se baseia em média geométrica, a meta deve refletir avanços proporcionais nas três dimensões que o compõem — educação, saúde e renda —, respeitando simultaneamente os limites técnicos da organização e os referenciais normativos externos, como as diretrizes da ISO 30414:2018, da GRI 405:2021 e da Agenda 2030 da ONU (ODS 3, 4 e 10).

Para o próximo ciclo avaliativo, a meta do K64 foi definida em 0,8500, a partir do valor atual de 0,8203. Esse patamar corresponde a um crescimento relativo de 3,6%, compatível com a lógica de melhoria contínua recomendada pela ISO 30414:2018 (Seção 6.3 – Indicadores de diversidade e equidade) e alinhada às orientações da GRI 405:2021 sobre impacto social de práticas internas. A escolha desse valor fundamenta-se em três critérios: (i) viabilidade técnica, ao propor uma evolução moderada e factível diante do porte e das condições operacionais da Ecosan; (ii) significância estatística, já que pequenas variações em cada componente podem gerar efeitos relevantes na média geométrica; e (iii) relevância estratégica, uma vez que o índice projetado posiciona a empresa acima da média nacional (0,766) e do município-sede (0,815), sem incorrer no risco de metas inatingíveis.



A consolidação do K64 como indicador de governança social exige que suas metas articulem responsabilidade, realismo e progresso contínuo. Nesse sentido, recomenda-se que o valor de 0,8500 seja revisado periodicamente, de forma anual, à luz da atualização dos dados primários e das proxies secundárias, bem como das mudanças estruturais decorrentes da política de capital humano da organização.

a) Estabelecimento das metas dos componentes

A definição da meta para o próximo ciclo avaliativo do K64 – IDH Segmentado foi orientada por critérios de razoabilidade institucional, coerência normativa e viabilidade de execução. Dado o valor atual do indicador (0,8203), estabelece-se como meta técnica o alcance de um índice de:

K64 meta = 0,8500

Esse valor representa um crescimento relativo de 3,6% sobre o índice vigente e está em conformidade com as recomendações da ISO 30414:2018 no que se refere ao princípio da melhoria contínua dos indicadores de capital humano (Seção 6.3 – Indicadores de diversidade e equidade), bem como com as diretrizes da GRI 405:2021 sobre avaliação do impacto social de práticas internas.

A escolha desse patamar foi fundamentada com base em três critérios complementares:

- Viabilidade técnica: trata-se de uma evolução moderada, compatível com o porte da empresa, os dados disponíveis e os limites operacionais observados no ciclo atual;
- Significância estatística: mesmo pequenas variações nos componentes (educação, saúde, renda) podem gerar impacto relevante na média geométrica, desde que distribuídas simetricamente;
- Relevância estratégica: o valor de 0,8500 posiciona a Ecosan em um patamar superior ao IDH nacional (0,766) e ao IDH do município-sede (0,815), sem comprometer a credibilidade do indicador com metas inatingíveis.

A consolidação do K64 como indicador de governança social exige metas que articulem responsabilidade, realismo e progresso contínuo. Por isso, recomenda-se que a meta de 0,8500 seja revista anualmente, com base na atualização dos dados primários e das proxies secundárias, bem como nas mudanças estruturais promovidas pela organização em sua política de capital humano.

b) Diretrizes de interpretação

A interpretação dos resultados do K64 – IDH Segmentado deve considerar sua natureza multidimensional e adimensional, bem como a estrutura algébrica baseada na média geométrica dos subíndices de educação, saúde e renda. Diferentemente de indicadores lineares, o K64 penaliza desequilíbrios estruturais, o que confere maior sensibilidade a deficiências em qualquer uma das dimensões que compõem o índice.

A seguir, apresentam-se as principais diretrizes interpretativas:

- Intervalo de interpretação:
 - Valores entre 0,8000 e 0,8999 indicam desenvolvimento humano institucional em patamar elevado, mas com zonas críticas específicas a serem aprimoradas;



- Valores iguais ou superiores a 0,9000 correspondem a um padrão de excelência organizacional, compatível com ambientes altamente estruturados e com políticas ativas de valorização e inclusão;
- Valores inferiores a 0,8000 indicam a necessidade de intervenções gerenciais mais profundas, sobretudo nos eixos com subíndices mais baixos;
- Simetria dos componentes:
 - Devido à média geométrica, a simetria entre os componentes é essencial para o desempenho global. Avanços desequilibrados em apenas uma dimensão (por exemplo, aumento de renda sem investimento em educação) produzem efeito limitado sobre o índice final (PNUD, 2010);
- Comparabilidade longitudinal:
 - Os resultados do K64 podem ser comparados ao longo do tempo, permitindo o acompanhamento do progresso institucional. Essa propriedade o torna útil como instrumento de gestão de melhoria contínua e como ferramenta de prestação de contas em relatórios ESG, de acordo com os critérios da GRI 405:2021;
- Comparabilidade externa:
 - Embora o K64 utilize proxies adaptadas ao contexto organizacional da Ecosan, seu referencial conceitual (IDH) permite comparações com padrões externos, como o IDH municipal, estadual ou nacional. Essa capacidade favorece o posicionamento estratégico da empresa em programas de certificação, fomento ou licitação com exigências de responsabilidade social, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023);
- Alinhamento normativo:
 - A interpretação do K64 deve estar articulada com marcos regulatórios e normativos como a ISO 26000:2010 (governança social), a ISO 30414:2018 (capital humano) e os ODS 3, 4 e 10 da Agenda 2030 (ONU, 2015), promovendo coerência entre diagnóstico e ação institucional.

c) Articulação com políticas públicas e compromissos setoriais

O indicador K64 – IDH Segmentado, ao incorporar dimensões fundamentais do desenvolvimento humano no ambiente organizacional, possui elevada aderência a marcos de políticas públicas e a compromissos institucionais de sustentabilidade e equidade social. Sua construção metodológica permite à Ecosan posicionar-se de maneira estratégica em programas de fomento, ações de responsabilidade corporativa e redes de cooperação intersetorial.

Entre os principais marcos com os quais o K64 se articula, destacam-se:

- **Agenda 2030 da ONU e os ODS 3, 4 e 10:**

O K64 contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente:

- ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, ao monitorar a *proxy* de expectativa de vida regional;
- ODS 4 – Educação de Qualidade, por meio do acompanhamento dos anos esperados de escolaridade;



- ODS 10 – Redução das Desigualdades, ao integrar justiça social à gestão organizacional (ONU, 2015).

- **ISO 26000:2010 – Diretrizes sobre responsabilidade social:**

O K64 está alinhado às orientações da norma no que se refere à promoção dos direitos humanos, práticas justas de trabalho e desenvolvimento comunitário, compondo um referencial técnico robusto para a governança social e sua mensuração (ABNT, 2010).

- **ISO 30414:2018 – Gestão de capital humano:**

O indicador responde diretamente às categorias “remuneração e benefícios”, “diversidade e inclusão” e “desenvolvimento das pessoas”, previstas na ISO 30414, viabilizando o relato estruturado de aspectos sociais em organizações de qualquer porte.

- **GRI Standards (405 e 406):**

A abordagem do K64 como índice integrado e auditável dialoga com os indicadores da GRI sobre diversidade, igualdade de remuneração, oportunidades de capacitação e prevenção de discriminação, fortalecendo a base técnica para relatórios ESG (GRI, 2021).

- **Programa MOVER (BRASIL, 2023):**

Como instrumento de monitoramento da equidade estrutural, o K64 atende aos princípios de transparência social e responsabilidade setorial exigidos por políticas industriais e programas de incentivo vinculados à descarbonização e ao impacto social, como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação.

Essa articulação demonstra que o K64, ainda que desenvolvido de forma adaptada à realidade da Ecosan, posiciona a organização em sintonia com os compromissos globais de desenvolvimento sustentável e com os marcos nacionais de fomento à equidade corporativa, consolidando sua utilidade como ferramenta de diagnóstico, governança e estratégia institucional.

5.4.1.15 K65 – Gini segmentado

Estabelecimento das metas dos componentes

A definição de metas para indicadores de governança social exige equilíbrio entre viabilidade técnica, coerência metodológica e responsabilidade institucional, especialmente em temas sensíveis como a equidade salarial. No caso do indicador K65 – Índice de Gini Segmentado, que avalia a desigualdade na distribuição das remunerações praticadas pela Ecosan, a meta deve refletir tanto os compromissos com a justiça organizacional quanto as possibilidades reais de correção gradativa.

No ciclo atual, o valor apurado de K65 foi de 0,9277, indicando elevada concentração salarial e assimetria interna. Em termos absolutos, observou-se uma razão de 26,7 vezes entre o menor salário registrado (R\$ 1.875,00) e o maior (R\$ 50.000,00), evidenciando uma disparidade acima do limite geralmente recomendado por organismos internacionais. Diretrizes como as da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2020) e estudos da KPMG (2021) apontam que, para organizações comprometidas com práticas de



governança justa, a razão entre a menor e a maior remuneração não deveria ultrapassar 20 vezes, devendo ser gradualmente reduzida conforme a maturidade do sistema de gestão de pessoas.

a) Estabelecimento das metas dos componentes

A definição de metas para indicadores de governança social deve equilibrar viabilidade técnica, consistência metodológica e responsabilidade institucional, sobretudo quando tratam de temas sensíveis como a equidade salarial. No caso do indicador K65 – Índice de Gini Segmentado, que mensura a desigualdade na distribuição das remunerações praticadas pela Ecosan, a meta deve refletir simultaneamente os compromissos com a justiça organizacional e as possibilidades reais de correção gradativa.

No ciclo atual, o valor apurado de K65 foi de 0,9277, indicando elevada concentração salarial. Em termos absolutos, observou-se uma razão de 26,7 vezes entre o menor salário (R\$ 1.875,00) e o maior (R\$ 50.000,00) praticados na organização. Esse patamar excede o limite de 20 vezes comumente recomendado por organismos internacionais como teto máximo aceitável em organizações comprometidas com responsabilidade social (OIT, 2020; KPMG, 2021).

Diante desse cenário, adota-se como meta institucional para o K65 a redução progressiva de 5% ao ano em relação ao baseline de 2024. Tal meta é considerada ambiciosa, porém viável, respeitando os ciclos de revisão dos planos de cargos e salários, e compatível com diretrizes normativas como a ISO 30414:2018 e a GRI 405-2:2021, que orientam a mensuração de práticas de equidade e transparência na remuneração. A redução sistemática do índice K65 ao longo do tempo traduz o compromisso da Ecosan com a construção de uma governança mais justa, ética e inclusiva.

b) Diretrizes de interpretação

A meta de redução de 5% ao ano do indicador K65 deve ser compreendida não como um fim em si mesma, mas como um marco inicial no aprimoramento contínuo da governança distributiva na Ecosan. Seu papel transcende a simples correção da desigualdade salarial, refletindo compromissos institucionais mais amplos com a ética, a justiça organizacional e a sustentabilidade social.

A redução progressiva do Gini Segmentado assume os seguintes significados estratégicos:

- Um marco gerencial inaugural, que sinaliza o início de um ciclo sistemático de diagnósticos, revisões e ajustes nas estruturas remuneratórias, sem pretensão de esgotar o processo de equidade organizacional;
- Um compromisso público e verificável com os princípios da justiça salarial, da coesão interna e da valorização de talentos, em linha com as recomendações da ISO 30414:2018, do indicador GRI 405-2:2021, e dos relatórios da OIT (2023);
- Um instrumento de elegibilidade, posicionamento estratégico e diferenciação competitiva frente a programas de incentivo público e privado, como o Programa MOVER (BRASIL, 2023), que priorizam empresas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aos princípios da agenda ESG;
- Um referencial interno de governança responsável, que favorece práticas de compliance, gestão reputacional e criação de valor de longo prazo junto a *stakeholders* internos e externos.



c) Articulação com políticas públicas e compromissos setoriais

A adoção de uma meta de redução progressiva do Índice de Gini Segmentado (K65) reforça o alinhamento da Ecosan a marcos internacionais e nacionais de sustentabilidade, responsabilidade social e práticas de governança justa. Trata-se de uma diretriz que ultrapassa o campo técnico-contábil, posicionando a empresa como agente ativo na construção de um modelo organizacional mais equitativo, ético e aderente às agendas globais de transformação.

Entre os principais referenciais que orientam essa diretriz, destacam-se:

- **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 10** – Redução das Desigualdades (ONU, 2015), que preconiza a adoção de políticas públicas e corporativas capazes de reduzir desigualdades dentro dos países e entre eles. A meta do K65 contribui diretamente com a meta 10.4, ao propor mecanismos salariais justos e estratégias redistributivas dentro do ambiente corporativo;
- **ISO 26000:2010** – Diretrizes sobre Responsabilidade Social, que estabelece, como um dos seus temas centrais, a promoção de práticas laborais justas, a equidade de tratamento e o respeito à dignidade humana no ambiente de trabalho. A gestão da desigualdade interna de remuneração é entendida, nesse escopo, como um dos pilares éticos da atuação socialmente responsável;
- **ISO 30414:2018** – Gestão de Capital Humano, que define métricas para avaliar práticas de remuneração, transparência salarial e equidade. A norma recomenda que as organizações desenvolvam indicadores mensuráveis e comparáveis de justiça remuneratória, como o índice de Gini, o coeficiente de variação salarial ou a razão entre faixas salariais;
- **GRI 405-2:2021** – Igualdade de Remuneração por Gênero e Diversidade, que exige das organizações não apenas a divulgação das disparidades salariais, mas também o estabelecimento de metas e planos de ação para sua mitigação. O K65 responde a esse critério com uma métrica objetiva e monitorável de amplitude remuneratória;
- **ABNT PR 2030:2023** – Prática Recomendada para Indicadores ESG, que reconhece a justiça organizacional como um componente-chave da materialidade social, propondo a incorporação de indicadores que evidenciem a distribuição equitativa de recursos, reconhecimento e oportunidades no ambiente de trabalho;
- **Programa MOVER** – Mobilidade Verde e Inovação (BRASIL, 2023), que estabelece como critério de elegibilidade a adoção de políticas empresariais alinhadas aos princípios ESG. A existência de indicadores robustos de equidade interna, como o K65, pode representar diferencial competitivo e condição facilitadora para o acesso a incentivos públicos e certificações no setor industrial.

Ao incorporar essas diretrizes de forma proativa, a Ecosan não apenas fortalece sua cultura organizacional e sua governança interna, mas também se posiciona estrategicamente frente às exigências normativas e às expectativas de seus *stakeholders*. A métrica do K65, ancorada em uma lógica de melhoria contínua e mensuração objetiva da justiça distributiva, contribui para consolidar a imagem institucional da empresa como referência em responsabilidade social e equidade no setor em que atua.

5.5 Indicador sintético de sustentabilidade do sistema



Uma vez concluídas as etapas de definição dos indicadores, estabelecimento de metas e objetivos, o modelo 5 SEnSU+G permite a obtenção do Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS) por meio da aplicação do *Goal Programming* (GP), ferramenta operacional da filosofia da Programação por Metas (GIANNETTI et al., 2019). Essa abordagem possibilita integrar, em uma mesma estrutura analítica, indicadores que representam dimensões ambientais, econômicas, sociais e de governança, organizando-os em um painel multicritério capaz de evidenciar o comportamento da sustentabilidade do sistema (AGOSTINHO et al., 2019).

O painel resultante serve como instrumento de apoio estratégico, permitindo priorizar ações na transição de modelos de negócios tradicionais para modelos sustentáveis, alinhar ou realinhar a proposta de valor corporativa, apoiar a definição de metas para toda a cadeia de suprimentos e subsidiar a formulação de políticas públicas mais sustentáveis.

O cálculo do ISSS baseia-se na soma algébrica dos desvios positivos (+) e negativos (-) de cada setor do modelo, conforme a Equação (X):

Equação IX

$$SSI_{ij} = WS \sum_{ijk} (ISG_{ijk}^+ - ISG_{ijk}^-) \{1,2, \dots, NE\} \forall j \in \{1,2, \dots, NS\} \forall k \in \{1,2, \dots, NI\}$$

Onde:

- *WS (Weight Sector)* representa o peso atribuído a cada setor. Em regra, adota-se peso 1, mas podem ser atribuídos valores distintos para simulações que demandem maior relevância de um setor específico sobre o comportamento global do sistema (AGOSTINHO et al., 2019; GIANNETTI et al., 2019).

Neste estudo, todos os setores receberam peso igual a 1.

A partir do ISS calculado para cada setor, obtém-se o ISSS pela Equação (XII):

Equação X

$$SSIS_i = \sum_j^5 SSIS_i \{1,2, \dots, NE\} \forall j \in \{1,2, \dots, NS\} \forall k \in \{1,2, \dots, NI\}$$

O ISSS indica o grau de proximidade em relação às metas estabelecidas: **valores mais elevados representam menor sustentabilidade, enquanto valores mais baixos indicam maior alinhamento com os objetivos propostos** (AGOSTINHO et al., 2019).

Para este estudo, todas as etapas de cálculo foram implementadas em planilha eletrônica no Microsoft Excel®, utilizando-se o módulo de *Goal Programming* para processar as metas e os indicadores. Os resultados médios do SSIS, por ano, serão apresentados e discutidos na seção de análise de resultados.

A aplicação do modelo 5 SEnSU+G pode ser organizada em cinco etapas principais:

1. Diagnóstico e caracterização do sistema — análise do desempenho social, ambiental, econômico e de governança, considerando também as características do contexto geográfico;



2. Definição dos indicadores de sustentabilidade — seleção de indicadores para cada setor, conforme sua função no sistema, obedecendo aos critérios de representatividade, relevância, confiabilidade, sensibilidade, clareza, comparabilidade e transparência;
3. Estabelecimento de metas — definição das metas para cada indicador, com possibilidade de atribuição de pesos conforme a importância relativa no contexto analisado.
4. Aplicação da Programação por Metas — processamento dos indicadores e metas no *Goal Programming* para a obtenção do ISSS, simplificando a tomada de decisão multicritério;
5. Interpretação e tomada de decisão — análise dos resultados e definição de ações corretivas para melhorar o desempenho setorial e global do sistema.

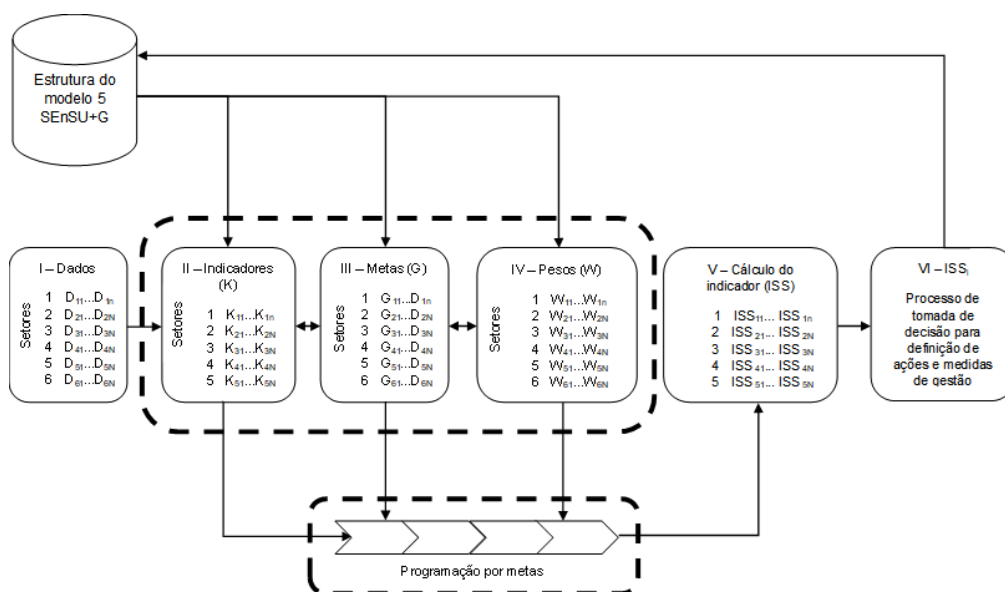
No 5 SEnSU+G, o sexto setor — Governança — atua como camada de integração, consolidando resultados e permitindo que o ISSS reflita, de forma equilibrada, o desempenho integrado nas dimensões ESG.

5.5.1 Programação por metas

A estrutura algébrica subjacente ao modelo 5 SEnSU+G ancora-se na filosofia da Programação por Metas, abordagem matemática capaz de lidar simultaneamente com múltiplos objetivos potencialmente conflitantes, configurando-se como método robusto de apoio à decisão multicritério (AGOSTINHO et al., 2019). No presente estudo, empregou-se a técnica *Goal Programming* (GP) como ferramenta operacional dessa filosofia, adotando-se o paradigma “satisfatório” proposto por Simon, em contraste com o paradigma “otimizador”, com vistas a gerar o Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS) (GIANNETTI et al., 2019).

Para ilustrar o funcionamento dessa lógica no contexto do 5 SEnSU+G, apresenta-se a seguir o diagrama de procedimento de cálculo, no qual se estruturam as etapas que interligam definição de indicadores, metas e integração setorial para obtenção do ISSS:

Diagrama 2 - Procedimento de cálculo do modelo 5 SEnSU+G



Fonte: Adaptado de Giannetti et al. (2019).



No constructo do modelo, o indicador é entendido como uma medida qualitativa e/ou quantitativa que permite identificar uma característica ou risco, oferecendo subsídios técnicos para decisões mais assertivas (MORENO GARCIA et al., 2021). O 5 SEnSU+G possibilita ao analista estabelecer valores mínimos e máximos para cada indicador e definir metas orientadas positivamente ou negativamente, conforme o sentido desejado de melhoria. A definição dessas metas funciona como parâmetro de entrada no processo de Programação por Metas, permitindo adaptar o método para uso em um contexto de modelagem multicritério complexo, como o proposto no 5 SEnSU+G (GIANNETTI et al., 2019; MORENO GARCIA et al., 2021).

6. Avaliação da sustentabilidade – Ecosan

Para a avaliação da sustentabilidade da Ecosan, adotou-se o modelo 5 SEnSU+G, que integra 15 indicadores simultâneos destinados a revelar a intensidade das trocas entre os seis setores de análise. O modelo contempla quatro dimensões interdependentes da sustentabilidade — social, ambiental, econômica e de governança —, conforme ilustrado na Imagem 3, ampliando o tradicional tripé proposto por Elkington (1999) para um quadripé da sustentabilidade. A inclusão da dimensão de governança representa contribuição inédita, conferindo maior robustez metodológica e alinhamento às demandas contemporâneas de transparência, rastreabilidade e *accountability*.

Conforme representado na Imagem 3, o 5 SEnSU+G estrutura-se em cinco etapas principais para a definição do Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS), aplicado neste estudo à Ecosan. O ISSS constitui um indicador composto que expressa, de forma integrada, o desempenho global das quatro dimensões a partir das interações entre os seis setores.

Tabela 58 - Indicadores e metas

		Indicador	Valor	Unidade	Objetivo	Meta	Justificativa para definição da meta	
Meio ambiente	Setor 1	K11	Energia elétrica (projeto e instalação)	71.002,400	consumo em kWh/ano	↓	68.872,328	ODS 7.3: 3% de redução ao ano (por dez anos)
		K11	Energia (projeto e instalação)	1,80E+17	SeJ/ano	↓	1,75E+17	Redução de 3% ao ano (de acordo com a meta do K11)
	Setor 2	K21	Emissões na estrutura interna (projeto e instalação)	719,87	ton CO ₂ eq/ano	↓	689,63	SBTi (2021): meta de 4,2% ao ano (por dez anos)
		K22	Resíduos sólidos (operação e instalação)	5.919,21	kg/ano	↓	5.031,32	PNRS (Lei nº 12.305/2010), Planares (MMA, 2022) e (ISO 14001, BNDES: Redução de 15% até 2026
Economia	Setor 3	K31	Gestão de resíduos (para redução de custos)	R\$ 7.253,69	R\$/ano	↓	R\$ 5.077,58	Recuperação de 30% da massa reciclável em 12 meses (ODS 12.5)
		K32	Ebitda	R\$ 1.240.979,84	R\$/ano	↑	R\$ 1.303.028,83	Aumento de 5% em 12 meses. SEBRAE, 2023; BNDES, 2023
Sociedade	Setor 4	K41	Engajamento dos colaboradores	60%	% taxa de engajamento (pesquisa)	↑	80%	Atingir 80% de engajamento em 18 meses (NBR ISO 26000, GRI 102, Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Relatório de Progresso dos Princípios do Pacto Global – ESG e Engajamento de Stakeholders.)
		K42	Contribuição per capita no resultado da empresa	R\$ 31.819,99	R\$/ Colaborador/a no	↑	R\$ 33.410,98	Aumento de 5% em 12 meses. SEBRAE, 2021; KPMG, 2022
	Setor 5	K51	Empregos	39	nº de empregos/ ano	±	39	Manutenção do número de empregos gerados
		K52	Salários	R\$ 4.730,00	R\$/ano	±	R\$ 4.730,00	Manutenção da política salarial vigente



Governança	Sector 6	K61	Energia + energia elétrica	1,031	adimensional	1,000	K61 = 1
		K62	Resíduos sólidos + emissões	1,182	adimensional	1,000	K62 = 1
		K63	Ebitda (R\$) +/- Gestão de resíduos	0,861	adimensional	1,000	K63 = 1
		K64	IDH segmentado	0,8220	adimensional	0,8515	Aumento de 3,6% (ISO 30414:2018 e Diretrizes da GRI para relatórios de impacto social)
		K65	Gini segmentado	0,9280	adimensional	0,8816	Redução de 5% em 12 meses

Fonte: Aláfia sustentabilidade

O cálculo do ISSS baseia-se na filosofia da Programação por Metas, que permite integrar múltiplos objetivos e restrições em um processo de decisão multicritério (AGOSTINHO et al., 2019). Para sua obtenção, conjugam-se os 15 indicadores distribuídos nos seis setores, cada qual representado por dois indicadores específicos. A Tabela 60 apresenta as metas e resultados correspondentes, detalhando os passos II, III e IV do procedimento ilustrado na Imagem 3, enquanto o passo V corresponde ao cálculo do ISSS. A planilha de cálculo utilizada encontra-se em anexo, assegurando rastreabilidade metodológica.

A Programação por Metas, operacionalizada por meio do *Goal Programming*, constitui um método matemático voltado ao tratamento de problemas múltiplos e conflitantes, organizando-os em um processo estruturado de tomada de decisão multicritério. No âmbito do modelo 5 SEnSU+G, sua função é conferir simplicidade e viabilidade ao processo, transformando a complexidade dos sistemas avaliados em soluções satisfatórias e auditáveis.

Para além da visão sistêmica que será apresentada no gráfico consolidado, foi utilizado o gráfico de Pareto para evidenciar quais indicadores concentram a maior parcela do desempenho global. Essa leitura orienta a priorização de ações de melhoria com base em evidências e mantém a coerência com o constructo do 5 SEnSU+G e a lógica PDCA, conforme adotada no modelo base 5 SEnSU, (AGOSTINHO et al., 2019; GIANNETTI et al., 2019).

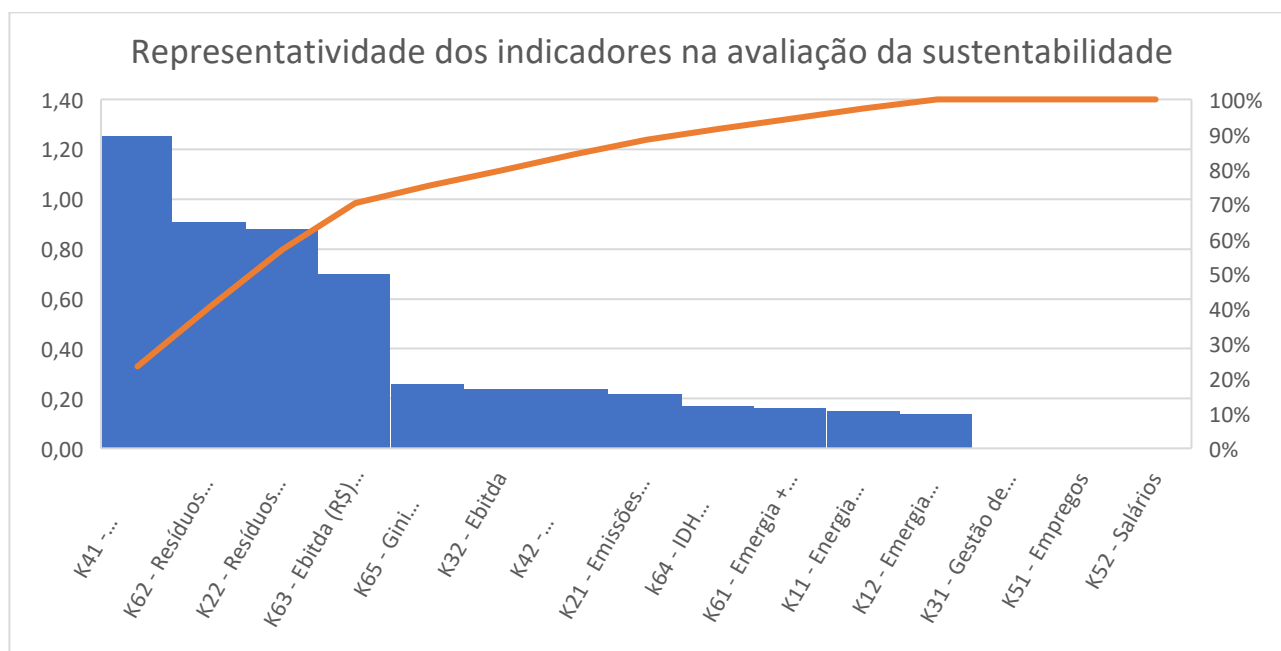
Tabela 59 - Dados geradores do gráfico de Pareto

Indicador	IPM
K11 - Energia elétrica (projeto e instalação)	0,15
K12 - Energia (projeto e instalação)	0,14
K21 - Emissões na estrutura interna (projeto e instalação)	0,22
K22 - Resíduos sólidos (operação e instalação)	0,88
K31 - Gestão de resíduos (para redução de custos)	0,00
K32 - Ebitda	0,24
K41 - Engajamento dos colaboradores	1,25
K42 - Contribuição per capita no resultado da empresa	0,24
K51 - Empregos	0,00
K52 - Salários	0,00
K61 - Energia + energia elétrica	0,16
K62 - Resíduos sólidos + emissões	0,91
K63 - Ebitda (R\$) +/- Gestão de resíduos	0,70
k64 - IDH segmentado	0,17
K65 - Gini segmentado	0,26

Fonte: Aláfia sustentabilidade



Gráfico 4 - Pareto dos indicadores



Fonte: Aláfia sustentabilidade

O Pareto mostrado é construído a partir do IPM – Índice de Programação por Metas.

Em termos práticos, o IPM de cada indicador expressa a distância relativa da meta obtida no *Goal Programming* (soma ponderada dos desvios positivos e negativos). É um valor adimensional, comparável entre indicadores e setores.

No 5 SEnSU+G, os indicadores são orientados por metas. Assim, quanto maior o resultado do indicador (ou do IPM associado), menos sustentável é o sistema naquele aspecto, porque o valor está mais distante do objetivo estabelecido. Quando o indicador “cai” em direção à meta, o sistema melhora e o ISSS tende a reduzir (melhoria global).

O gráfico de Pareto da representatividade dos indicadores demonstra que poucos elementos concentram a maior parte do afastamento em relação às metas estabelecidas no modelo 5 SEnSU+G. Observa-se que K41 – Engajamento dos colaboradores, seguido por K62 – Resíduos sólidos + emissões, K22 – Resíduos sólidos (operação/installação) e K63 – Governança econômico-financeira, respondem por mais da metade do impacto total. Como o IPM expressa a distância relativa da meta obtida no *Goal Programming*, valores mais elevados indicam menor sustentabilidade, pois revelam maior desvio em relação ao objetivo definido. Assim, a priorização de ações sobre esses indicadores críticos representa a estratégia mais eficiente para reduzir o ISSS e promover ganhos globais de sustentabilidade no sistema avaliado.

6.1 Análise detalhada do gráfico de Pareto

Concentração de impacto (prioridades de 1ª ordem)

K41 – Engajamento dos colaboradores e K62 – Resíduos sólidos + emissões lideram o Pareto. Eles concentram grande parte do afastamento da meta.

Constata-se que há um desafio de governança social (participação real dos trabalhadores em sustentabilidade) e um gargalo ambiental (gestão integrada de resíduos e emissões).



Ações de alto impacto sugeridas:

- K41: calendário de participação mínima por área, rituais de decisão com registro (ata), trilhas de formação e indicadores de adesão por chefia; atrelar participação a metas de gestão e retroalimentar o K64 (capital humano) e o K65 (equidade);
- K62: plano de P+L com balanço de massa por processo, segregação na origem, contratos de destinação com metas (% desvio de aterro), inventário de emissões dos processos críticos e checklists operacionais.

Na sequência aparecem K22 – Resíduos sólidos (operação/instalação) e K63 – Governança econômico-financeira.

Constata-se que o problema ambiental não está apenas na soma resíduos + emissões (K62), mas também no comportamento operacional específico (K22). Em paralelo, há pressão econômico-financeira ligada a ecoeficiência (K63).

Ações de alto impacto:

- K22: padronização operacional (POPs), indicadores por contrato/obra, logística reversa de insumos e metas de redução por unidade funcional;
- K63: programa de projetos de ecoeficiência com business case (*payback* e TIR), cruzando K31 (gestão de resíduos para redução de custos) e K32 (EBITDA), priorizando iniciativas com retorno < 12 meses.

Contribuição intermediária (prioridades de 2ª ordem)

K65 – Gini segmentado, K32 – EBITDA, K42 – Contribuição per capita no resultado e K21 – Emissões na estrutura interna compõem a faixa intermediária.

Constata-se que o equilíbrio econômico-financeiro e equidade interna ainda podem evoluir; há também ganhos possíveis em emissões da infraestrutura própria.

Ações:

- K65: política de cargos e salários com faixas, auditoria de disparidades e plano de correção gradual;
- K32/K42: revisão de custos fixos/variáveis relacionados à energia e resíduos; captura de valor via produtividade;
- K21: eficiência energética de facilidades (motores, compressores, iluminação, ar comprimido), manutenção preditiva e medição setorizada.

Baixa representatividade no ciclo (prioridades de 3ª ordem)

K64 – IDH segmentado, K61 – Governança da energia, K11/K12 – Energia (projeto/instalação), K31 – Gestão de resíduos para redução de custos, K51 – Empregos e K52 – Salários aparecem com baixa contribuição relativa.

Constata-se que estes indicadores estão mais próximos da meta neste. Devem permanecer monitorados, com ações incrementais e manutenção de controles, para não perder o que já foi alcançado.

A análise de Pareto evidencia quais indicadores concentram maior afastamento em relação às metas, ao mesmo tempo que orienta a tomada de decisão quanto às prioridades de intervenção. Concentrando



esforços nos indicadores de maior impacto — especialmente K41, K62, K22 e K63, a Ecosan pode alcançar reduções significativas no Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS) com menor dispêndio de recursos. Esse resultado decorre do fato de que o IPM de cada indicador expressa diretamente a distância relativa da meta no *Goal Programming*: quanto maior o IPM, menor a sustentabilidade do sistema naquele aspecto e, portanto, maior o potencial de ganho quando há melhoria. Assim, o Pareto torna-se uma ferramenta de gestão prática para simular cenários de redução de desvios, avaliar o efeito sobre o ISSS e definir planos de ação priorizados por setor.

6.2 Análise setorial

Setor 1 – K11, K12 e K61

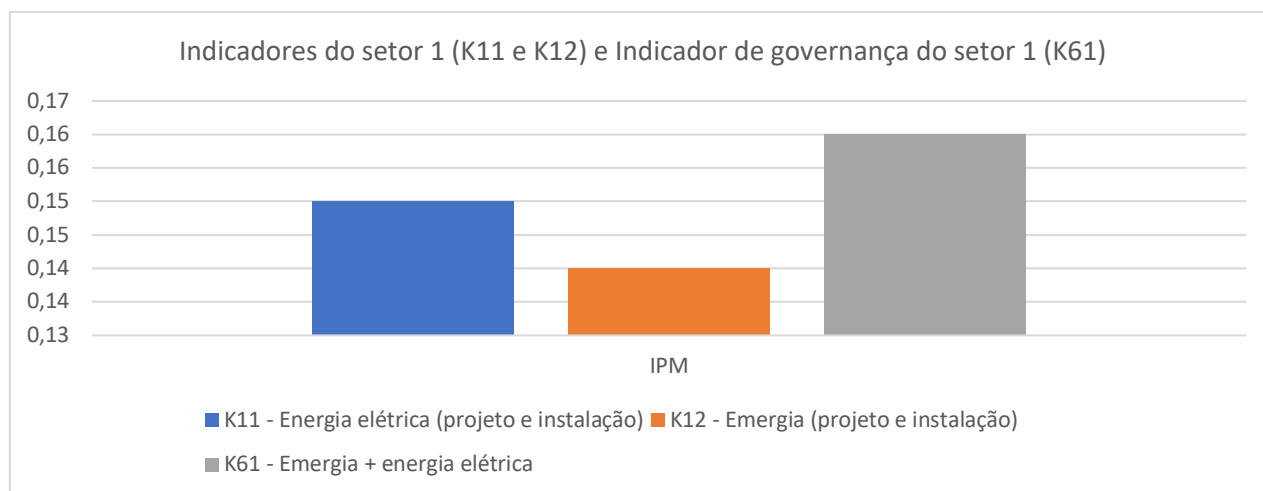
O Setor 1 – meio ambiente como fornecedor de recursos contempla os indicadores relacionados ao consumo energético da Ecosan em seus processos de projeto e instalação. Nesse setor, avaliam-se de forma integrada o uso de energia elétrica (K11) e de emergência (K12), que, combinados, originam o indicador de governança K61 – Governança da energia. A tabela 60 apresenta os valores do IPM correspondentes a cada indicador, traduzindo a distância relativa em relação às metas estabelecidas. O gráfico subsequente ilustra de maneira comparativa a representatividade desses indicadores, permitindo compreender sua contribuição para o resultado setorial e, em última instância, para o desempenho global consolidado no ISSS.

Tabela 38 - Indicadores setoriais e de governança – Setor 1

Indicador	IPM
K11 - Energia elétrica (projeto e instalação)	0,15
K12 - Emergência (projeto e instalação)	0,14
K61 - Emergência + energia elétrica	0,16

Fonte: Aláfia sustentabilidade

Gráfico 5 - Indicadores do Setor 1



Fonte: Aláfia sustentabilidade



A análise do gráfico mostra que o K11 – Energia elétrica e o K12 – Energia apresentam desempenhos relativamente próximos, com valores de IPM em torno de 0,14 a 0,15, revelando afastamento moderado em relação às metas. Esses resultados evidenciam que tanto o consumo direto de eletricidade quanto o uso indireto de energia constituem pressões relevantes sobre a sustentabilidade do setor.

O K61 – Governança da energia, indicador composto que agrega K11 e K12, apresenta IPM superior ($\approx 0,16$), demonstrando que a integração das duas dimensões amplia o desvio em relação ao desempenho ideal. Essa diferença reforça a utilidade da abordagem do 5 SEnSU+G, uma vez que a governança revela impactos combinados mais expressivos do que a simples soma dos componentes isolados.

Ao articular esses resultados com o gráfico de Pareto, nota-se que, embora os indicadores energéticos não estejam entre os maiores contribuintes globais (como K41 ou K62), eles representam uma base estrutural: o uso de recursos naturais. Isso significa que avanços neste setor têm potencial de gerar efeitos indiretos em outros setores, sobretudo quando considerados no radar da governança.

Portanto, a leitura do Setor 1 evidencia que a sustentabilidade energética da Ecosan ainda demanda aprimoramento, principalmente em práticas que reduzam a dependência de recursos energéticos intensivos. O resultado será melhor observado na sequência, no radar do Setor 6 (governança), que mostrará como esses desvios energéticos se integram ao desempenho global da empresa.

Setor 2 – K12, K12 e K62

O Setor 2 – Meio ambiente como receptor de resíduos avalia a forma como a Ecosan lida com os impactos ambientais decorrentes da emissão de poluentes e da geração de resíduos sólidos em seus processos de operação e instalação. Nesse setor, o K21 – Emissões na estrutura interna e o K22 – Resíduos sólidos são integrados para formar o indicador de governança K62 – Resíduos sólidos + emissões, que sintetiza a governança ambiental sobre essas pressões. A tabela 61 apresenta os valores de IPM, refletindo a distância relativa em relação às metas, e o gráfico subsequente ilustra a representatividade de cada componente no desempenho setorial.

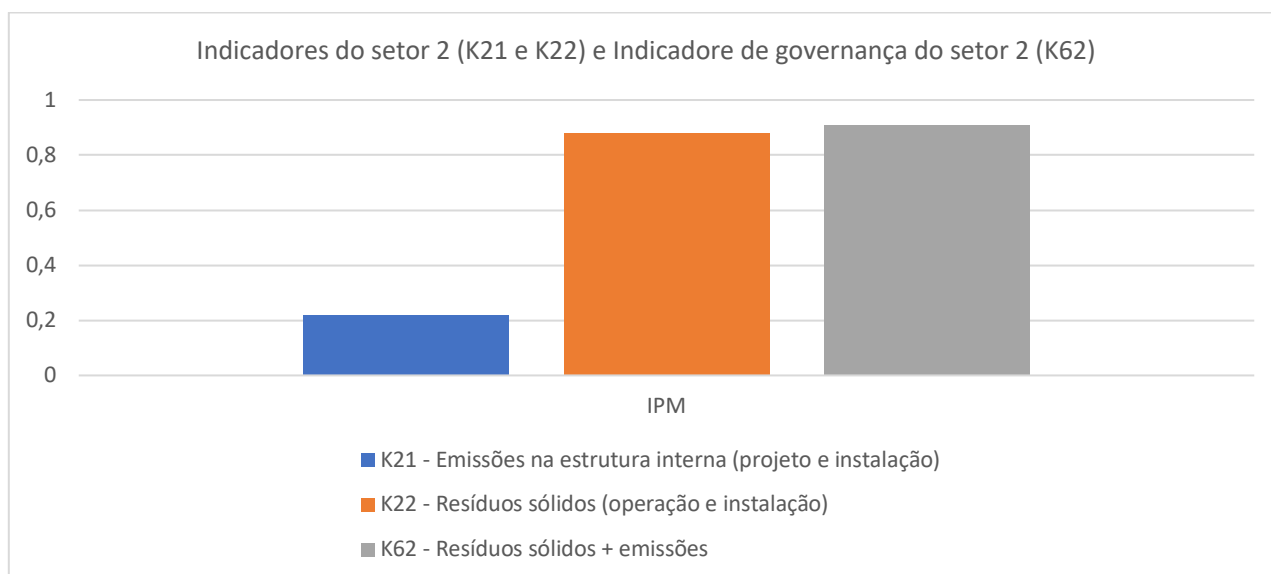
Tabela 61 - Indicadores setoriais e de governança – Setor 2

Indicador	IPM
K21 - Emissões na estrutura interna (projeto e instalação)	0,22
K22 - Resíduos sólidos (operação e instalação)	0,88
K62 - Resíduos sólidos + emissões	0,91

Fonte: Aláfia sustentabilidade



Gráfico 6 - Indicadores do Setor 2



Fonte: Aláfia sustentabilidade

A leitura do gráfico evidencia que o K21 – Emissões na estrutura interna apresenta um IPM reduzido, indicando que os controles e procedimentos relacionados às emissões internas estão relativamente próximos da meta estabelecida. Esse resultado sugere que, embora haja espaço para melhorias, o indicador não representa uma pressão crítica no ciclo atual.

Por outro lado, o K22 – Resíduos sólidos (operação fabricação e instalação) apresenta IPM significativamente mais elevado, revelando que a gestão de resíduos sólidos permanece como o principal desafio do setor. Essa disparidade se reflete diretamente no K62 – Resíduos sólidos + emissões, cujo IPM é ainda mais alto, pois sintetiza a combinação dos dois indicadores e incorpora a influência majoritária do K22.

A articulação desses resultados com o gráfico de Pareto confirma que o Setor 2 ocupa posição central na avaliação global, sendo um dos principais contribuintes para o aumento do ISSS. Já no radar de governança (Setor 6), a magnitude do desvio em K62 reforça a necessidade de fortalecer a integração das práticas de gestão de resíduos e emissões.

Dessa forma, a análise do Setor 2 mostra que a sustentabilidade da Ecosan depende, de forma significativa, do aprimoramento da gestão de resíduos sólidos, que se apresenta como vetor prioritário para a redução dos desvios setoriais e, conseqüentemente, para a melhoria do desempenho global consolidado no ISSS.

Setor 3 – K31, K32 e K63

O Setor 3 – Unidade de produção avalia o desempenho econômico e operacional da Ecosan em seus processos produtivos. Nesse setor, os indicadores K31 – Gestão de resíduos para redução de custos e K32 – EBITDA são integrados no indicador de governança K63 – Governança econômico-financeira, que sintetiza a capacidade da empresa de articular eficiência econômica e sustentabilidade ambiental. A tabela a seguir apresenta os valores de IPM, expressando o afastamento em relação às metas, enquanto o gráfico ilustra a contribuição relativa de cada componente no desempenho setorial.

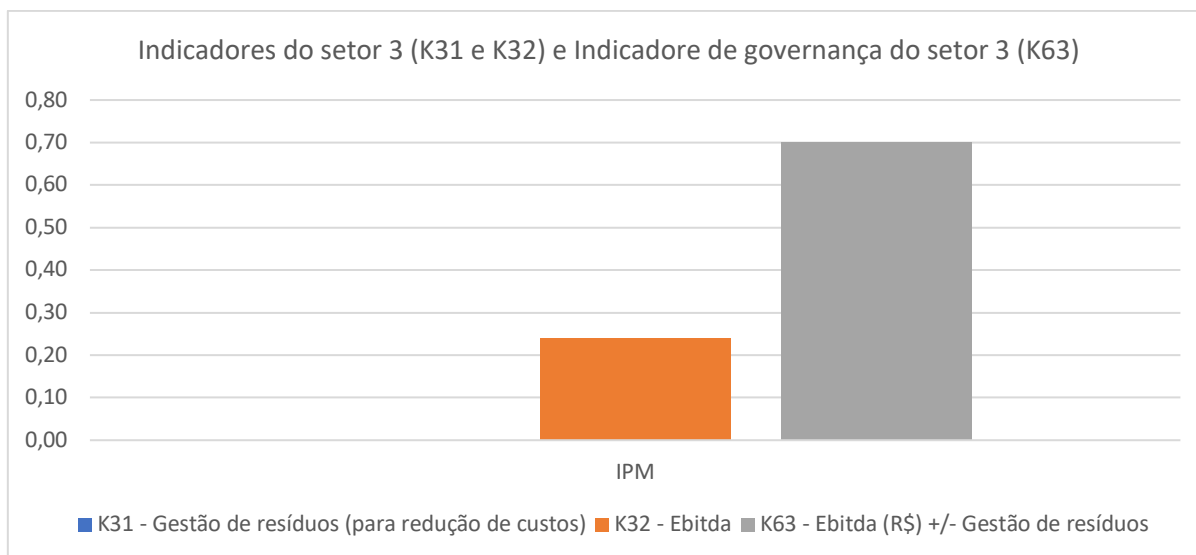


Tabela 62 - Indicadores setoriais e de governança – Setor 3

Indicador	IPM
K31 - Gestão de resíduos (para redução de custos)	0,00
K32 - Ebitda	0,24
K63 - Ebitda (R\$) +/- Gestão de resíduos	0,70

Fonte: Aláfia sustentabilidade

Gráfico 7 - Indicadores do Setor 3



Fonte: Aláfia sustentabilidade

O gráfico mostra que o K31 – Gestão de resíduos para redução de custos apresenta valor de IPM zerado neste ciclo, uma vez que atualmente não há retorno financeiro associado à venda de resíduos sólidos na Ecosan. No entanto, para estimular práticas alinhadas à economia circular, a memória de cálculo estabeleceu uma meta conservadora a ser perseguida nos próximos 12 meses. Dessa forma, ainda que o indicador esteja zerado no presente, ele desempenha papel estratégico ao sinalizar a necessidade de evolução futura, funcionando como gatilho para a valorização de resíduos no contexto produtivo da empresa.

O K32 – EBITDA apresenta um IPM moderado ($\approx 0,25$), indicando que o desempenho econômico-financeiro ainda não está plenamente alinhado às metas definidas. Embora não se configure como crítico, o resultado sugere que o fortalecimento da integração entre metas financeiras e estratégias de sustentabilidade pode ampliar a resiliência e a competitividade da organização.

Já o indicador composto K63 – Governança econômico-financeira apresenta IPM significativamente mais elevado ($\approx 0,7$), revelando que, quando considerados em conjunto, os fatores econômicos e de gestão de resíduos evidenciam fragilidades mais relevantes. Esse resultado reforça a importância da governança como eixo articulador, pois demonstra que a integração de variáveis isoladamente satisfatórias pode, ainda assim, resultar em desempenho agregado distante da meta.

Quando articulado com o Pareto, observa-se que K63 figura entre os indicadores de maior peso no resultado global, reforçando sua centralidade estratégica. No radar do Setor 6, o desvio de K63 evidencia que a governança econômico-financeira é determinante para a consolidação de um modelo sustentável.



Assim, a análise do Setor 3 mostra que, embora os indicadores isolados apresentem resultados razoáveis ou conservadores, o desafio está em integrar desempenho econômico e sustentabilidade. Essa lacuna confirma a necessidade de consolidar práticas de ecoeficiência que fortaleçam o papel da unidade de produção como núcleo articulador do desempenho organizacional.

Setor 4 – K41, K42 e K64

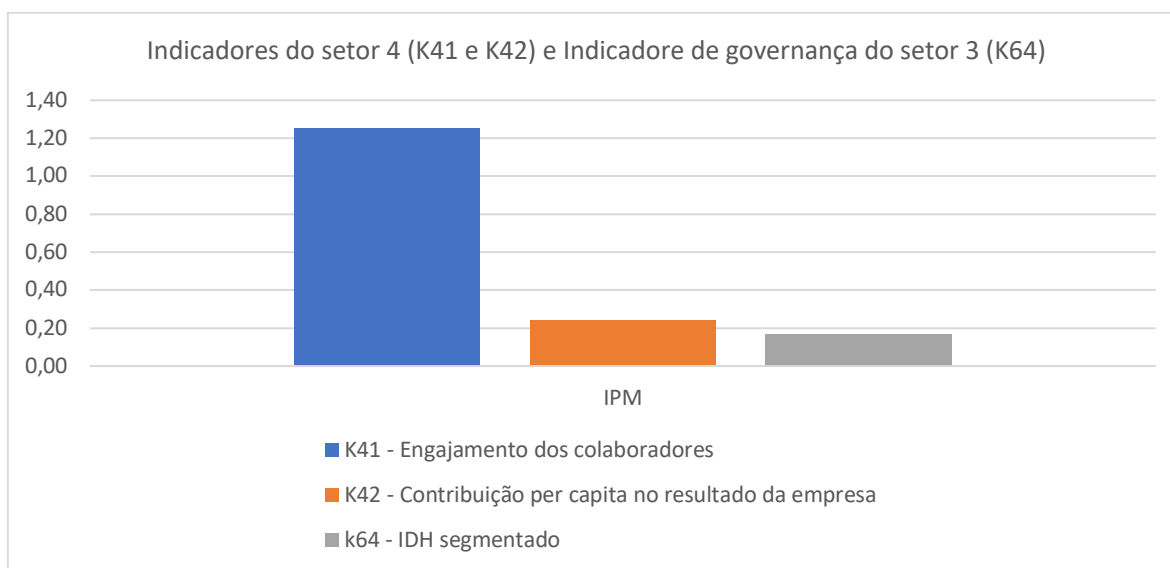
O Setor 4 – Sociedade como provedora de recursos analisa a relação entre a Ecosan e os trabalhadores como principais insumos sociais da unidade de produção. Nesse setor, os indicadores K41 – Engajamento dos colaboradores e K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa deveriam, metodologicamente, se integrar para compor o indicador de governança K64. No entanto, o modelo 5 SEnSU+G admite graus de liberdade que permitem ao analista adotar outra perspectiva, desde que alinhada às premissas da adimensionalidade e comparabilidade. Nesse ciclo, o K64 foi definido como o IDH segmentado, inspirado no cálculo formal do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), porém restrito à população de colaboradores da Ecosan, de forma a mensurar diretamente as condições de educação, saúde e renda desse público. A tabela 63 e o gráfico a seguir apresentam os valores de IPM, permitindo visualizar a contribuição relativa dos indicadores sociais na avaliação da sustentabilidade.

Tabela 63 - Indicadores setoriais e de governança – Setor 4

Indicador	IPM
K41 - Engajamento dos colaboradores	1,25
K42 - Contribuição per capita no resultado da empresa	0,24
K64 - IDH segmentado	0,17

Fonte: Aláfia sustentabilidade

Gráfico 8 - Indicadores do Setor 4



Fonte: Aláfia sustentabilidade



O gráfico evidencia que o K41 – Engajamento dos colaboradores apresenta IPM elevado ($\approx 1,2$), configurando-se como o principal desvio do setor. Esse resultado mostra que a participação efetiva dos trabalhadores em processos institucionais de sustentabilidade é um ponto sensível para a Ecosan, cuja superação pode gerar ganhos expressivos na governança social.

O K42 – Contribuição per capita no resultado da empresa apresenta IPM reduzido ($\approx 0,25$), indicando que o indicador está relativamente próximo da meta estabelecida. Apesar de não configurar uma fragilidade relevante neste ciclo, recomenda-se manter o monitoramento para assegurar a consistência do resultado ao longo do tempo.

O K64 – IDH segmentado, embora metodologicamente distinto dos demais indicadores de governança, apresenta IPM baixo ($\approx 0,15$). Isso significa que, considerando apenas a população de colaboradores, o desempenho em termos de educação, saúde e renda está próximo da meta conservadora definida para o ciclo. Apesar disso, deve ser interpretado como uma linha de base, pois este é o primeiro ciclo em que o indicador foi adotado, e sua evolução nos próximos anos será determinante para avaliar o progresso real no desenvolvimento humano interno.

Ao relacionar esses resultados com o Pareto, observa-se que o K41 se destaca entre os principais contribuintes globais para o ISSS, confirmando a centralidade da questão do engajamento organizacional. Já o radar da governança (Setor 6) reforça que os avanços em desenvolvimento humano e participação dos trabalhadores serão decisivos para consolidar o papel do Setor 4 na sustentabilidade corporativa.

Assim, a análise do Setor 4 revela que a sustentabilidade social da Ecosan se encontra marcada por contrastes: de um lado, um desempenho satisfatório em termos de IDH segmentado e contribuição per capita; de outro, um desafio significativo no engajamento dos colaboradores, que constitui o elo mais frágil da cadeia social e requer atenção estratégica prioritária.

Setor 5 – K51, K52 e K65

O Setor 5 – Sociedade como receptora de benefícios analisa a forma como a Ecosan devolve à sociedade o valor gerado por meio de empregos e remuneração. Nesse setor, os indicadores K51 – Empregos e K52 – Salários têm como meta a manutenção dos níveis atuais, refletindo a estratégia institucional de estabilidade. Ambos resultam em valores de IPM igual a zero, o que significa que não há desvio em relação à meta estabelecida. O indicador de governança do setor, K65 – Gini segmentado, segue a mesma lógica de flexibilidade do modelo 5 SEnSU+G: em vez de harmonizar K51 e K52, ele se inspira no cálculo tradicional do Índice de Gini — medida estatística utilizada para mensurar desigualdade na distribuição de renda —, porém aplicado exclusivamente à população de colaboradores da Ecosan. A tabela 64 e o gráfico a seguir apresentam os valores de IPM, permitindo visualizar o comportamento setorial.

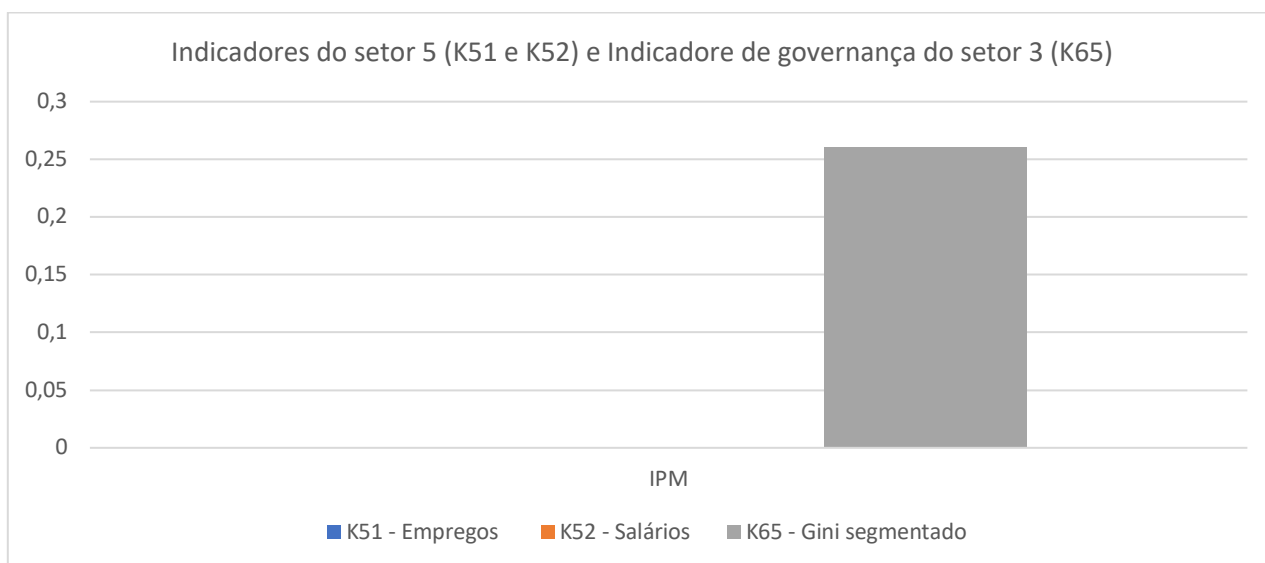
Tabela 64 - Indicadores setoriais e de governança – Setor 5

Indicador	IPM
K51 - Empregos	0
K52 - Salários	0
K65 - Gini segmentado	0,26

Fonte: Aláfia sustentabilidade



Gráfico 9 - Indicadores do Setor 5



Fonte: Aláfia sustentabilidade

O gráfico mostra que os indicadores K51 – Empregos e K52 – Salários apresentam IPM igual a zero, confirmando a meta de manutenção dos critérios atuais. Essa decisão reflete tanto a estratégia empresarial quanto o contexto econômico e político mais amplo. No cenário nacional, marcado por instabilidade macroeconômica e pressões inflacionárias, a preservação do número de postos de trabalho e o nível de remuneração praticado pela Ecosan constituem conquistas relevantes, sobretudo em setores de manufatura e saneamento, frequentemente sujeitos a oscilações. A manutenção desses indicadores não implica ausência de avanços, mas sim a consolidação de um patamar mínimo de estabilidade social dentro da empresa, aspecto fundamental para sustentar políticas de governança.

Por outro lado, o K65 – Gini segmentado apresenta IPM distinto de zero ($\approx 0,26$), evidenciando que a desigualdade interna na distribuição salarial permanece como ponto de atenção. O Índice de Gini, em sua forma clássica, varia de 0 a 1, sendo que valores próximos de zero indicam maior igualdade e valores próximos de um revelam maior desigualdade. No caso da Ecosan, o cálculo segmentado permite avaliar exclusivamente a realidade da população de colaboradores, oferecendo uma visão detalhada da equidade salarial interna. A inclusão desse indicador no modelo sinaliza a importância da justiça social como pilar da governança corporativa.

Ao relacionar os resultados do Setor 5 com o Pareto, percebe-se que o K65 não figura entre os indicadores mais críticos do sistema, mas assume relevância estratégica quando conectado à dimensão da governança social no radar do Setor 6. Isso significa que, embora a manutenção de empregos e salários assegure estabilidade, o enfrentamento da desigualdade salarial interna é essencial para o fortalecimento da reputação institucional e para a construção de um modelo de negócios mais justo e sustentável.

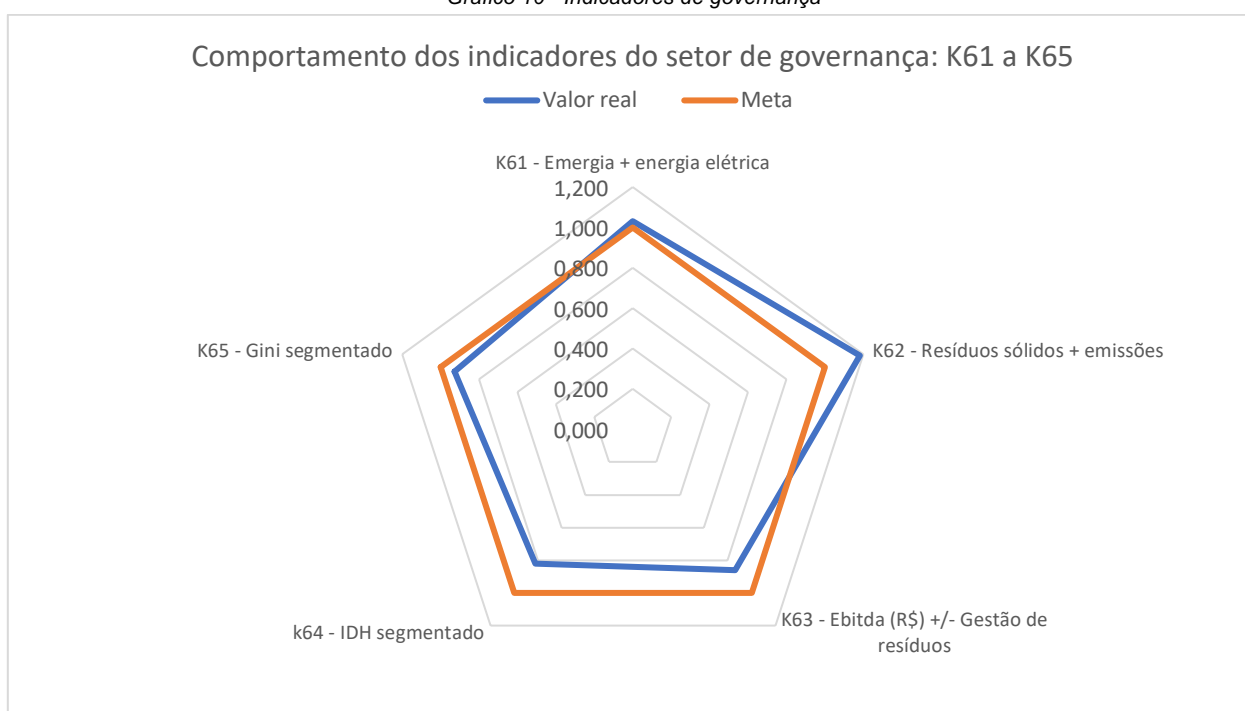
Assim, a análise do Setor 5 evidencia que a estabilidade quantitativa do emprego e da remuneração deve ser complementada por ações voltadas à redução das desigualdades salariais internas, garantindo que os benefícios da sustentabilidade empresarial reverberem de forma mais equitativa entre os colaboradores da Ecosan.



6.3 Análise isolada dos indicadores do setor de governança

No âmbito da avaliação da sustentabilidade da Ecosan, o Setor 6 – Governança assume papel estratégico por consolidar os resultados dos demais setores e refletir a maturidade institucional em alinhar desempenho ambiental, social e econômico a práticas de gestão transparentes e auditáveis. Para tanto, são considerados cinco indicadores compostos — K61, K62, K63, K64 e K65 — que traduzem, respectivamente, a governança da energia, dos resíduos, do equilíbrio econômico-financeiro, do desenvolvimento humano e da equidade interna. A análise do comportamento desses indicadores, apresentada no gráfico a seguir, permite avaliar em que medida a governança atua como vetor de integração e direcionamento das práticas sustentáveis da empresa.

Gráfico 10 - Indicadores de governança



Fonte: Aláfia sustentabilidade

O gráfico de radar do Setor 6 consolida a governança da Ecosan a partir dos indicadores K61 a K65, que traduzem a capacidade institucional de integrar resultados ambientais, econômicos e sociais em uma lógica de gestão rastreável e auditável. A leitura do radar, quando articulada às análises setoriais, evidencia um padrão claro: os indicadores de governança ambiental e econômico-financeira (K61, K62 e K63) se encontram relativamente próximos da meta estabelecida, ainda que revelem pontos de aprimoramento, enquanto os indicadores de governança social (K64 e K65) apresentam maiores distâncias em relação ao patamar desejado.

O K61 – Governança da energia reflete os desvios observados nos setores 1 (K11 e K12), confirmando que o consumo energético e a energia ainda exigem ajustes, embora já se encontrem em trajetória de controle. O K62 – Governança de resíduos e emissões incorpora os resultados do Setor 2, demonstrando que a gestão de resíduos sólidos é o ponto mais crítico da dimensão ambiental. Já o K63 – Governança econômico-financeira expressa a síntese do Setor 3, indicando que, apesar de avanços parciais



em EBITDA e gestão de resíduos, a integração entre economia e sustentabilidade permanece um desafio estrutural.

Nos indicadores sociais, o quadro é mais delicado. O K64 – IDH segmentado apresenta IPM baixo, mas deve ser interpretado como linha de base, já que se trata do primeiro ciclo de mensuração com foco em educação, saúde e renda da população de colaboradores. O K65 – Gini segmentado, por sua vez, evidencia desigualdades salariais internas que não foram captadas pelos indicadores tradicionais de empregos (K51) e salários (K52), reafirmando a importância de métricas que aprofundem a leitura da equidade social.

Em conjunto, o radar demonstra que a governança da Ecosan avança com mais consistência nas dimensões ambiental e econômica, mas ainda encontra desafios relevantes na dimensão social. Essa assimetria explica em parte o resultado global do ISSS (5,32), que traduz a distância agregada em relação à sustentabilidade ideal. Ao mesmo tempo, confirma que a superação dos pontos críticos ligados ao engajamento dos colaboradores, ao desenvolvimento humano e à redução das desigualdades salariais é essencial para que a governança cumpra plenamente seu papel integrador no modelo 5 SEnSU+G.

É importante destacar que as metas utilizadas são conservadoras, considerando que esta é a primeira iniciativa da empresa em adotar uma avaliação sistemática da sustentabilidade. Essa escolha confere maior realismo aos resultados e assegura que a empresa avance de forma gradual e consistente. Recomenda-se que a avaliação seja repetida anualmente, de modo a funcionar como elemento catalisador na transição do modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios mais sustentável, fortalecendo a rastreabilidade e a *accountability* institucional.

A leitura do radar de governança reforça que o desempenho da Ecosan é marcado por avanços pontuais, sobretudo nas dimensões ambiental e econômico-financeira, mas também por desafios significativos na governança social. Esses desequilíbrios se refletem no Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS), que sintetiza a interação entre todos os setores do modelo. O valor obtido de 5,32 revela um afastamento considerável em relação à meta de referência (ISSS = 0), confirmando que o sistema ainda está distante da condição sustentável ideal.

Esse resultado, entretanto, deve ser interpretado como um ponto de partida consistente: trata-se do primeiro ciclo de aplicação do modelo 5 SEnSU+G na Ecosan, com metas conservadoras que buscam estabelecer uma linha de base confiável. Assim, o ISSS traduz a situação atual e indica com clareza os vetores prioritários de intervenção já evidenciados nas análises setoriais: engajamento dos colaboradores, gestão de resíduos sólidos e desigualdades salariais internas. Ao ser repetido em ciclos anuais, o indicador se tornará um instrumento de monitoramento e melhoria contínua, permitindo avaliar de forma transparente a evolução da sustentabilidade corporativa da empresa.

7. Considerações finais

A aplicação do modelo 5 SEnSU+G à Ecosan permitiu avaliar, de modo integrado e auditável, a interação entre os seis setores de análise e as quatro dimensões da sustentabilidade (social, ambiental, econômica e governança). O Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema (ISSS) apurado em 5,32 evidencia um afastamento considerável da meta de referência (ISSS = 0). Como o modelo é orientado a metas e valores maiores indicam pior desempenho relativo, o resultado confirma que a empresa se encontra em



trajetória inicial de maturidade sustentável, com pontos fortes já identificados e fragilidades estruturais que demandam priorização e acompanhamento.

7.1 Síntese setorial (o que mais pesou e por quê)

Setor 1 – Meio ambiente como fornecedor de recursos (K11, K12; K61):

A pressão energética (consumo e energia) apresentou desvio moderado e comportamento consistente entre K11 e K12; o composto K61 amplia ligeiramente esse desvio. Não são os maiores determinantes do ISSS, mas constituem base estrutural: ganhos aqui reverberam na ecoeficiência dos demais setores.

Setor 2 – Meio ambiente como receptor de resíduos (K21, K22; K62):

O K22 (resíduos sólidos em operação/instalação) é crítico e eleva substancialmente o K62 (governança de resíduos + emissões), mesmo com o K21 relativamente controlado. Trata-se do principal vetor ambiental, pressionando o ISSS no ciclo, confirmando o que o Pareto já indicava.

Setor 3 – Unidade de produção (K31, K32; K63):

K31 está zerado por inexistir retorno financeiro com venda/valorização de resíduos no presente; foi definida meta conservadora para 12 meses (base para economia circular). K32 (EBITDA) apresenta desvio moderado e, em conjunto, K63 (econômico-financeiro) torna-se elevado, revelando lacuna de integração entre performance econômica e sustentabilidade.

Setor 4 – Sociedade como provedora de recursos (K41, K42; K64):

K41 (engajamento) é crítico e puxa o setor para baixo; K42 está próximo da meta. O K64 (IDH segmentado) foi corretamente adotado como linha de base (primeiro ciclo) e mostra desvio baixo, mas sua leitura deve ser evolutiva (série histórica).

Setor 5 – Sociedade como receptora de benefícios (K51, K52; K65):

K51 (empregos) e K52 (salários) têm IPM = 0 por decisão metodológica de manutenção dos níveis atuais, medida coerente com o contexto macroeconômico e de volatilidade setorial, garantindo estabilidade social interna. O K65 (Gini segmentado), inspirado no índice clássico de desigualdade, aplicado à população da Ecosan, apresenta desvio não nulo, sinalizando assimetria remuneratória a ser acompanhada.

Setor 6 – Governança (K61–K65):

O radar de governança confirma maior consistência nas dimensões ambiental (K61, K62) e econômico-financeira (K63) e maiores distâncias na governança social (K64, K65). Essa assimetria explica parte do ISSS = 5,32 e orienta a priorização.

7.2 Determinantes do desempenho (o que o Pareto ensinou)

O Pareto demonstrou que poucos indicadores concentram a maior parcela do afastamento: sobretudo K41, K62, K22 e K63. A melhoria dirigida nesses pontos tem maior alavancagem para reduzir o ISSS no curto



prazo, enquanto os demais indicadores, embora relevantes para robustez sistêmica, funcionam como elementos de sustentação.

7.3 Leitura metodológica (por que o resultado é confiável)

O uso do *Goal Programming* e do IPM (Índice de Programação por Metas) garante rastreabilidade: cada IPM expressa a distância relativa da meta em cada indicador, permitindo ordenar prioridades com base em evidências. Quanto maior o IPM, maior afastamento da meta, os painéis setoriais funcionam como mapa operacional para ciclos subsequentes, e o ISSS sintetiza o efeito agregado das decisões.

7.4 Implicações estratégicas (o que fazer com essa informação)

1. **Priorizar alvos de alto impacto imediato:** resíduos sólidos em operação/instalação (K22) e governança socioambiental (K62); engajamento (K41) e integração econômico-financeira (K63);
2. **Consolidar a linha de base social:** seguir monitorando K64 (IDH segmentado) e K65 (Gini segmentado), por serem sensíveis à evolução de políticas internas;
3. **Manter estabilidade onde há convergência:** K51 e K52 permanecem em manutenção; K31 inicia trilha de economia circular com meta conservadora, pavimentando ganhos futuros.

7.5 Papel da governança e evolução do ISSS

O resultado ISSS = 5,32 não é um fim, mas um marco de partida. A governança (Setor 6) deve atuar como mecanismo integrador, reduzindo assimetrias entre dimensões e fechando o ciclo PDCA: medir, priorizar, intervir, reavaliar. Com metas conservadoras por se tratar do primeiro ciclo, espera-se que a reaplicação anual:

- Reduza gradualmente os IPMs críticos;
- Aproxime o ISSS de zero;
- Eleve a reputação institucional e diferencie competitivamente a Ecosan.

7.6 Conexão com estratégia e elegibilidade

A consolidação dessa rotina anual e auditável de avaliação tende a fortalecer a reputação e pode conduzir à elegibilidade em instrumentos de política pública e fomento à inovação — como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação — ao comprovar, com métricas e memória de cálculo, que redução e gestão de impactos socioambientais reverberam na cadeia ampliada, mesmo fora do sistema de propulsão automotivo. Em termos de posicionamento, a Ecosan se habilita como ator de vanguarda, com vocação à inovação ancorada em governança, transparência e melhoria contínua.

8. Proposta de projetos futuros

O resultado da avaliação da sustentabilidade da Ecosan, consolidado no ISSS = 5,32, não deve ser compreendido como ponto final, mas como marco inaugural de uma trajetória de aprimoramento contínuo. A



partir dessa linha de base, recomenda-se a consolidação de uma agenda de trabalhos futuros que fortaleça a maturidade institucional da empresa e amplie sua capacidade de inovação em sustentabilidade corporativa.

Em primeiro lugar, sugere-se a reaplicação anual do modelo 5 SEnSU+G, com vistas a consolidar uma série histórica de indicadores. Esse processo permitirá comparar avanços e retrocessos, bem como mensurar a efetividade das ações implementadas, assegurando a rastreabilidade e a auditabilidade dos resultados. Ao mesmo tempo, a repetição do ciclo atuará como catalisador da transição de um modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios orientado pela sustentabilidade.

Em segundo lugar, propõe-se a expansão do escopo metodológico em ciclos futuros, integrando a avaliação da sustentabilidade com referenciais consolidados como a GRI (2021), o ISSB (2023) e a ABNT PR2030 (2023). Essa ampliação permitirá alinhar os resultados internos da Ecosan a práticas de relato reconhecidas globalmente, ampliando a credibilidade e o alcance da comunicação de sustentabilidade da empresa perante stakeholders estratégicos.

Outro eixo de desenvolvimento consiste na incorporação de práticas de inovação alinhadas à economia circular e à ecoeficiência, priorizando a valorização de resíduos, a redução de emissões e o uso racional de energia. Essas iniciativas, além de contribuírem para a redução de custos e riscos, podem consolidar a Ecosan como referência em soluções sustentáveis no setor de saneamento.

Do ponto de vista institucional, a continuidade da avaliação pode ampliar a elegibilidade da Ecosan a programas de incentivo e fomento, como o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação, bem como linhas específicas de financiamento junto ao BNDES, FINEP e FAPESP. Ainda que a empresa não integre a cadeia de fornecedores do sistema de propulsão automotiva, a comprovação de redução e gestão dos impactos socioambientais reverbera em todo o setor produtivo, permitindo que a Ecosan seja reconhecida como agente de inovação e sustentabilidade.

Por fim, destaca-se a oportunidade de desenvolver projetos integrados de governança social, com ênfase em engajamento dos colaboradores, desenvolvimento humano e redução das desigualdades internas. Esses temas, identificados como pontos críticos no ciclo atual, podem tornar-se diferenciais competitivos para a Ecosan, fortalecendo sua reputação institucional e atraindo novos parceiros e clientes.

Em síntese, a continuidade da avaliação da sustentabilidade em ciclos anuais, combinada à integração com frameworks normativos e à inovação em práticas ambientais e sociais, posicionará a Ecosan como empresa de vanguarda no setor de saneamento, com trajetória sólida rumo à sustentabilidade corporativa.



Referências bibliográficas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Guia de layout e ergonomia para instalações industriais. Brasília: ABDI, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12209:1992 – Projeto de fossas sépticas. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721:2006 – Avaliação do custo global da construção para incorporação imobiliária. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969:1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-3:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5119:1992 – Motores elétricos – Ensaio e medição de potência e rendimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6493:1994 – Emprego de cores para identificação de tubulações industriais. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229:1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de disposição de efluentes líquidos no solo. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8160:1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001:2015 – Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14031:2004 – Gestão ambiental — Avaliação de desempenho ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14064-1:2007 – Gases de efeito estufa – Parte 1: Especificação com orientações, a nível organizacional, para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de GEE. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 26000:2010 – Diretrizes sobre responsabilidade social. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 30500:2020 – Tecnologias de saneamento não conectadas à rede – Requisitos de segurança e desempenho para design e testes – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 45001:2018 – Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 46001:2020 – Sistemas de gestão da eficiência do uso da água – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 50001:2018 – Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. PR 2030:2023 – Prática Recomendada – ESG: Diretrizes para responsabilidade social, ambiental e de governança corporativa. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.



ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. São Paulo: ABRELPE, 2022.

ABREU, C. J. Preços médios dos materiais recicláveis no Brasil: INPMR – Índice Nacional de Preços de Materiais Recicláveis. São Paulo: Instituto Recicla Brasil, 2023.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Estudos sobre o Consumo Per Capita de Água no Setor Comercial e Industrial. Brasília, 2019.

AGC – AGC Glass Europe. Glass manual. Louvain-la-Neuve: AGC Glass Europe, 2018.

AGOSTINHO, F. et al. Sustainability assessment using emergy: a methodological overview. *Ecological Indicators*, v. 60, p. 153–166, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.053>

AGOSTINHO, F. et al. The emergy accounting for integrated production systems: a tool for sustainability assessment. *Ecological Modelling*, v. 273, p. 11–19, 2019.

ANA; ABES. Panorama do saneamento no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 8953: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ATKINSON, A. B. On the measurement of inequality. *Journal of Economic Theory*, v. 2, p. 244–263, 1970.

BAKKE, D. W. Joy at work: a revolutionary approach to fun on the job. Seattle: PVG, 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório Focus — Projeções Econômicas, 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BAPTISTE, N. R.; WHITTINGTON, M. The contribution of employee engagement in workplace ethics. *Journal of Business Ethics*, v. 148, n. 1, p. 121–136, 2018.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Eficiência de materiais na construção civil: perdas, resíduos e oportunidades de reaproveitamento. Rio de Janeiro: BNDES, 2018.

BNDES. Relatório do setor saneamento básico. Rio de Janeiro: BNDES, 2023.

BOMBOZZE. Máquinas para solda e abrasivos industriais – Linha pesada. São Paulo: Bombozze Equipamentos, 2022.

BOSCH. Parafusadeira e furadeira de impacto GSB 180-LI – Manual técnico. Bosch Power Tools Brasil, 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, 16 maio 2011.

BRASIL. Decreto nº 11.508, de 25 de julho de 2023. Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação – MOVER. Diário Oficial da União, Brasília, 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.899, de 3 de janeiro de 2025. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto na Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 nov. 2011.

BRASIL. Lei nº 14.685, de 21 de setembro de 2023. Institui o Programa MOVER – Mobilidade Verde e Inovação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2023.

BRASIL. Lei nº 14.690, de 3 de outubro de 2023. Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação – MOVER. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14690.htm.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fatores de emissão de gases de efeito estufa: energia e processos industriais. Brasília: MCTI, 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Programa MOVER: Mobilidade Verde e Inovação. Brasília, 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES: versão final. Brasília: MMA, 2022.



BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Assessing the global environmental costs of freshwater use. *Ecological Economics*, v. 51, n. 3–4, p. 293–307, 2004.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emery analysis and environmental accounting. *Ecological Modelling*, v. 178, p. 201–213, 2004.

BROWN, Mark T.; ULGIATI, Sergio. *Energy and Environmental Issues: The Emery Approach*. Boca Raton: CRC Press, 2016.

CARVALHO, P. F. et al. Diagnóstico do uso da água em indústrias do setor metalmeccânico de pequeno porte. *Revista DAE*, v. 62, n. 204, p. 30–38, 2014.

CARVALHO, R. C.; ROSA, M. A.; MARINHO, M. M. C.; FERREIRA, D. F. Avaliação do consumo de água em processos industriais metalmeccânicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 161–169, abr./jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000860>.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Panorama de resíduos industriais 2022*. São Paulo: CETESB, 2022.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de resíduos sólidos industriais do Estado de São Paulo: ano-base 2021*. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

CFA INSTITUTE. *Environmental, social, and governance issues in investing: a guide for investment professionals*. [S. l.]: CFA Institute, 2022.

CFA INSTITUTE. *Guidance and standards on ESG disclosure for investment analysis*. Charlottesville: CFA Institute, 2022.

CFC – CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. *NBC TG 26 (R5): Apresentação das demonstrações contábeis*. Brasília: CFC, 2019.

CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores Biológicos Anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Volume 4. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.

CHOURASIYA, S.; MISHRA, A. R.; DAS, A. K. A new integrated MCDM-based strategy to select sustainable textile fibers in textile industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 363, 132534, 2022.

CHUDLEY, R.; GREENO, R. *Building Construction Handbook*. 11. ed. Londres: Routledge, 2013.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Manual técnico de edificações industriais*. Brasília: CNI, 2011.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Sustentabilidade na indústria brasileira*. Brasília: CNI, 2020.

CPC – COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. *CPC 26 (R1): Apresentação das demonstrações contábeis*. São Paulo: CPC, 2021.

DAMODARAN, A. *Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset*. 3. ed. New York: Wiley, 2012.

DELOITTE. *Tendências de capital humano 2023*. São Paulo: Deloitte, 2023. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/human-capital/articles/tendencias-capital-humano.html>. Acesso em: 05 jun. 2025.

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. *Relatório anual de emprego e renda*. São Paulo: DIEESE, 2023.

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. *SAGData – Sistema de Acompanhamento de Greves e Negociações Coletivas*. São Paulo: DIEESE, 2024. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/sagdata>. Acesso em: 04 jun. 2025.

DUARTE, F.; SILVA, E.; TRISTÃO, A. Engajamento organizacional e sua influência na gestão participativa: uma análise em microempresas. *Revista Gestão & Planejamento*, v. 21, n. 1, p. 189–209, 2020.

Ecosan Soluções em Saneamento. *Catálogo institucional completo*. 2024. Documento interno.

ELKINGTON, J. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone, 1999.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition*. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2013.



ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. What is the Circular Economy? 2020. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>. Acesso em: 18 jun. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Fatores de emissão de CO₂ do SIN. Brasília: EPE, 2022.

ESAB. Catálogo técnico – Máquinas de solda TIG e MIG. São Paulo: ESAB Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.esab.com>. Acesso em: 13 jun. 2025.

ESAB. Máquina de Solda TIG Buddy TIG 200HF – Manual do Usuário. ESAB Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.esab.com.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

FAMAC BOMBAS. Catálogo técnico – Bombas submersíveis para efluentes e recalque. São Paulo: FAMAC, 2022. Disponível em: <https://www.famacbombas.com.br>. Acesso em: 9 jun. 2025.

FERRAMENTAS KENNEDY. Ficha técnica de máquinas e ferramentas industriais. Curitiba: Ferramentas Kennedy, 2024. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

FERRARI. Máquina de Solda MIG/MAG F-300 – Especificações Técnicas. Ferrari Máquinas Industriais, 2021. Disponível em: <https://www.ferrari.ind.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

FERREIRA, T. G.; MOURA, L. P. Emergia e energia incorporada: metodologias aplicadas à avaliação ambiental da construção civil. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 143–158, out./dez. 2015.

FGV. Boletim Macro IGP-M. Fundação Getúlio Vargas, 2024. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/igpm>. Acesso em: 05 jun. 2025.

FGV. Índice Geral de Preços do Mercado – IGPM. Fundação Getúlio Vargas, 2023.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Manual de Uso Racional da Água na Indústria. São Paulo: FIESP, 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Guia para projetos com enfoque ESG. Brasília: FINEP, 2022.

FREITAS, M. E.; JANNI, T. F. Indicadores organizacionais em ambientes com baixa estrutura de governança: uma análise da aplicação prática. *Revista de Administração IMED*, v. 7, n. 2, p. 89–102, 2017.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M. Rio de Janeiro: FGV, 2024. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/igp-m>. Acesso em: 04 jun. 2025.

GAI, J. et al. Carbon emissions assessment and reduction in the textile supply chain: A system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 354, 131637, 2022.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 29, p. 307–318, 2009.

GHG PROTOCOL. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. World Resources Institute; WBCSD, 2004.

GHG PROTOCOL. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development, 2011. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GHG PROTOCOL. Mitigation Goal Standard: An Accounting and Reporting Standard for National and Subnational Greenhouse Gas Reduction Goals. Washington, DC: World Resources Institute, 2014.

GIANNETTI, B. F. et al. Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems. *Sustainable Production and Consumption*, v. 27, p. 870–884, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.008>.

GIANNETTI, B. F.; SEVEGNANI, F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; AGOSTINHO, F.; GARCÍA, R. R. M.; LIU, G. *Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems*. *Sustainable Production and Consumption*, v. 27, p. 870–884, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.008>.

GIANNETTI, Biagio Fernando; AGOSTINHO, Feni; ALMEIDA, Cecília M. V. B. et al. Enhancing the assessment of cleaner production practices for sustainable development: The Five-Sector Sustainability Model applied to water and wastewater treatment companies. *Sustainability*, v. 14, n. 7, p. 4126, 2022.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE – GRI. Sustainability Reporting Standards – GRI 102: Stakeholder Engagement. Amsterdam: GRI, 2020.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. GRI 1: Foundation 2021. Amsterdã: GRI, 2021. Disponível em: <https://www.globalreporting.org>



GONÇALVES, D. B. et al. Instrumentos de avaliação de clima organizacional e engajamento em pequenas empresas. *Revista Organizações em Contexto*, v. 17, n. 34, p. 205–227, 2021.

GONÇALVES, R. F. et al. Avaliação ambiental de sistemas prediais: análise do consumo de recursos e emissões. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 141–160, 2018.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. GRI 403: Occupational health and safety 2021. Amsterdam: GRI, 2021.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. Universal Standards 2021. Amsterdam: GRI, 2021.

GRI. GRI 405: Diversity and Equal Remuneration. Global Reporting Initiative, 2021.

GRI. GRI 405-2: Proporção do salário mais baixo comparado ao mais alto. Global Reporting Initiative, 2021.

HAKANEN, J. J.; BAKKER, A. B.; SCHAUFELI, W. B. Burnout and work engagement among teachers. *Journal of School Psychology*, v. 43, n. 6, p. 495–513, 2006.

HARDI, P.; ZDAN, T. *Assessing sustainable development: principles in practice*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 1997.

HELENE, P. A patologia das estruturas e o controle tecnológico. São Paulo: Pini, 2007.

HELLER, L. Manual prático de saneamento. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG/Desa, 1999.

IBGE. Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA. Rio de Janeiro, 2023.

IBGE. IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 jun. 2025.

IBGE. Pesquisa Anual de Serviços – PAS 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE. Sistema de Contas Econômicas Ambientais da Água – Brasil: 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. Sistema de Contas Econômicas Ambientais da Água – Brasil: 2015. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

IBGE. Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – IPCA. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-de-precos-ao-consumidor-amplo.html>. Acesso em: 04 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR – IDEC. Eficiência energética de ferramentas elétricas portáteis. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://idec.org.br>. Acesso em: 19 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE – IEE/USP. Manual técnico sobre resíduos industriais e compostos. São Paulo: IEE/USP, 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Energy Efficiency 2022: Analysis and Outlook to 2030. Paris: IEA, 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 26000:2010 – Guidance on Social Responsibility. Genebra: ISO, 2010.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: IGES, 2006.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AR5 Climate Change 2014 – Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2014.

ISO. 30414: Human Capital Reporting – Guidelines. International Organization for Standardization, 2018.

ISO. ISO 14001:2015 – Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Geneva: ISO, 2015.

ISO. ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: International Organization for Standardization, 2006.

ISO. ISO 14044:2006 – Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2006.



ISO. ISO 50001:2018 – Energy management systems – Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2018.

JOHN, V. M. et al. Gestão ambiental na construção civil: uso de LCAs como ferramenta de decisão. São Paulo: O Nome da Rosa, 2001.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; LEITE, J. P. Materiais de construção e meio ambiente: fundamentos para a sustentabilidade na construção civil. São Paulo: EPUSP/ANTAC, 2001.

KPMG. ESG and Financial Performance: Best Practices. São Paulo, 2022.

KPMG. ESG and Financial Reporting. New York, 2021.

KPMG. ESG: Avaliação de Capital Humano e Governança. São Paulo: KPMG, 2021.

KRAEMER, M. E. P. et al. Avaliação do ciclo de vida da produção de peças em PEAD por rotomoldagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. Florianópolis: Ed. UFSC, 2004.

LEITE, C. A. C.; JOHN, V. M. Inventário do ciclo de vida de edifícios residenciais: resíduos da construção e demolição como materiais alternativos. São Paulo: USP, 2003.

LEITE, J. P. B.; JOHN, V. M. Avaliação do ciclo de vida do processo construtivo em alvenaria estrutural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003.

MAKITA. Esmerilhadeira Angular 7" GA7020 – Catálogo de Ferramentas Profissionais. Makita do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.makita.com.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MARCÍLIO, Maria de Fátima de Freitas Bueno et al. VERIFICAÇÃO DE PREMISSAS DA CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA: hierarquia de energia, transformidade e robustez. 2017. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Laboratório de Produção e Meio Ambiente, Universidade Paulista - Unip, São Paulo, 2017.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Fatores de emissão de combustíveis para inventários de GEE no Brasil. Brasília: MCTI, 2022.

MEADOWS, D. H. *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland: The Sustainability Institute, 1998.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Sistema Mediador de Acordos Coletivos. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/mediador>. Acesso em: 04 jun. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Brasília, 2022.

MMA. SICOGEA – Sistema de Contabilidade e Gestão de Emissões Atmosféricas. Ministério do Meio Ambiente, 2020.

MORENO GARCIA, R. et al. Governança ambiental em sistemas urbanos: conexões com indicadores de sustentabilidade. *Journal of Cleaner Production*, v. 314, p. 127955, 2021.

MORENO GARCÍA, R. R. et al. Applying the Five-Sector Sustainability Model to decision making in production systems: Lessons from case studies. *Journal of Environmental Management*, v. 298, 113526, 2021.

NARDINI. Torno mecânico universal MS-205 – Catálogo técnico. Americana: Nardini Máquinas, 2022. Disponível em: <https://www.nardini.com.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

NASCIMENTO, A. L. et al. Avaliação do consumo de água em oficinas mecânicas e estratégias para sua redução. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 123–130, 2017.

NASCIMENTO, R. A.; FARIAS, J. M. F.; ALMEIDA, M. F. S. Consumo de água em ambientes industriais de pequeno porte: estudo de caso em oficina de usinagem. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM 2017. Joinville: ABCM, 2017.

ODUM, H. T. *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley & Sons, 1996.

ODUM, Howard T.; ODUM, Elisabeth C. *A Prosperous Way Down: Principles and Policies*. Boulder, CO: University Press of Colorado, 2006.

OECD. *Talent Abroad: A Review of Brazilian Emigrants*. Paris: OECD Publishing, 2018. DOI: 10.1787/9789264304114-en.



OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Justiça social e salários dignos nas cadeias produtivas globais. Genebra: OIT, 2020.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Perspectivas sociais e de emprego no mundo – tendências 2022. Genebra: OIT, 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030. Nova York: ONU, 2015.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS 8. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/8>. Acesso em: 05 jun. 2025.

ONU. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: Nações Unidas, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Assembleia Geral das Nações Unidas, A/RES/70/1, 2015. Disponível em:

ORTEGA, E.; POLACOW, F. A. Contabilidade ambiental de um sistema de produção agroindustrial usando energia emergética (EMERGY). In: Congresso Brasileiro de Agroinformática – INFOAGRO, 2005. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária.

PACTO GLOBAL. Relatório de Progresso dos Princípios do Pacto Global – ESG e Engajamento de *Stakeholders*. Nova York: United Nations Global Compact, 2023.

PEARCE, D.; TURNER, R. K. Economics of Natural Resources and the Environment. London: Harvester Wheatsheaf, 1990.

PEREIRA, A. S.; FERREIRA, C. R.; SANTOS, E. M. Análise emergética na gestão ambiental industrial: contribuições metodológicas para a avaliação de impactos e tomada de decisão. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 3, p. 649–661, 2012.

PINI. TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. 38. ed. São Paulo: Editora PINI, 2020.

PINTO, J. L. D. Administração de obras. São Paulo: PINI, 2001.

PNUD. Relatório de Desenvolvimento Humano 2022. Nova York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2022.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. Guidelines for Greener Construction Sites. Nairobi: UNEP, 2023.

PULSELLI, R. M. et al. The index of sustainable economic welfare (ISEW) in Italy. A methodological update. *Ecological Indicators*, v. 55, p. 30–40, 2015.

ROMI. Fresadora Ferramenteira F20 – Especificações técnicas. Santa Bárbara d'Oeste: ROMI S.A., 2022. Disponível em: <https://www.romi.com>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SALM, J. F. et al. Participação dos *stakeholders* em empresas sustentáveis: uma análise a partir do campo da governança organizacional. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 536–554, jul./set. 2019.

SALVADO, F. A. C. et al. A framework to assess the performance of sustainable business models. *Procedia CIRP*, v. 26, p. 142–147, 2015.

SANTOS, A. R.; SARTORI, A. A. Sistemas de tratamento de esgoto em áreas rurais. Brasília: Embrapa, 2012.

SANTOS, C. *Combinando o modelo 5 SEnSU com o Canvas para a Avaliação da Sustentabilidade do setor têxtil automotivo: um estudo de caso*. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista, São Paulo, 2022.

SBTi – SCIENCE BASED TARGETS INITIATIVE. Target Setting Protocol for Small and Medium Enterprises. 2022.

SCHULZ S.A. Compressores, bombas e esmeris – Catálogo de produtos. Joinville: Schulz, 2023. Disponível em: <https://www.schulz.com.br>. Acesso em: 9 jun. 2025.

SCIENCE BASED TARGETS INITIATIVE (SBTi). Foundations for Science-Based Net-Zero Target Setting in the Corporate Sector. Version 1.0. CDP; UN Global Compact; WRI; WBCSD, 2021. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SEBRAE. Panorama das MPEs no Brasil — 2023. Brasília, 2023.



- SEBRAE. Produtividade da mão de obra na construção civil. Brasília: SEBRAE, 2016.
- SEN, A. On Economic Inequality. Oxford: Clarendon Press, 1973.
- SENAI. Manual de equipamentos industriais: instalação, operação e manutenção. Volume 3 e 4. São Paulo: SENAI/DN, 2016.
- SILVA, C. D. et al. Produção Mais Limpa: conceitos, aplicações e potencial de redução de impactos ambientais. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 7, p. e417, 2021.
- SINDALUMINIO. Guia Técnico de Esquadrias de Alumínio. São Paulo: SINDALUMINIO, 2020.
- SINDUSCON-SP. Convenções Coletivas 2024. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.sindusconsp.com.br/convencao-coletiva>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, p. 281–299, 2012.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2022. Brasília: MDR, 2023.
- SOUZA, R. G. et al. Inventário de GEE na construção civil brasileira: análise por trabalhador. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 153–168, out./dez. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400010>.
- TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para Cientistas e Engenheiros. Volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- TROJAN TECHNOLOGIES. UV Systems for Wastewater Disinfection – Product Guide. London, ON, Canada: TrojanUV, 2022. Disponível em: <https://www.trojantechnologies.com>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Global Waste Management Outlook. Nairobi: UNEP, 2016.
- UNEP. Circularity in the Economy: Bridging the Gap. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2020.
- UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. The Paris Agreement. New York: UNFCCC, 2015. Disponível em: <https://unfccc.int>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME – UNDP. Climate Promise: Global Progress Report 2021–2023. Nova York: UNDP, 2023.
- UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: UN, 2015.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2014.
- WAP. Lavadora de Alta Pressão Profissional WAP 2500PSI 220V – Ficha Técnica. WAP do Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.wap.ind.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE; WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. Washington, 2004.

Apêndice A

Programação por metas

SYSTEM		ENVIRONMENT AS PROVIDER (Sector 1)								
Index	Ano de referência	K11- Energia elétrica (projeto e instalação)	Nij (K11)	Pij (K11)	IPM (K11)	K12 - Energia (projeto e instalação)	Nij (K12)	Pij (K12)	IPM (K12)	Σ(Ind. Sector 1)
1	2024	7,10E+04	0,00E+00	2,13E+03	0,15	1,80E+17	0,00E+00	5,00E+15	0,14	0,30
2	2025	6,89E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00	1,75E+17	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
3	2026	6,89E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00	1,75E+17	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
4	2027	6,89E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00	1,75E+17	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
5	2028	6,89E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00	1,75E+17	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00
	Lower value Ki)	6,89E+04				1,75E+17				
	Higher value K(i)	7,10E+04				1,80E+17				
	For positive indicators or neg	6,98E+04	6,89E+04	6,89E+04		1,77E+17	1,75E+17	1,75E+17		
	Goal value of indicator	6,89E+04				1,75E+17				
	Goal value selected	6,89E+04				1,75E+17				
	Weight of indicator		100,00	0,20			100,00	0,20	Weight of Sector 1	1,00
	Desired address	Minimizar				Minimizar				

ENVIRONMENT AS RECEIVER (Sector 2)								
K21 - Emissões na estrutura interna (projeto e instalação)	Nij (K21)	Pij (K21)	IPM (K21)	K22 -Resíduos sólidos (operação e instalação)	Nij (K22)	Pij (K22)	IPM (K22)	Σ(Ind. Sector 2)
719,87	0,00	30,23	0,22	5919,21	0,00	887,88	0,88	1,10
689,64	0,00	0,00	0,00	5031,33	0,00	0,00	0,00	0,00
689,64	0,00	0,00	0,00	5031,33	0,00	0,00	0,00	0,00
689,64	0,00	0,00	0,00	5031,33	0,00	0,00	0,00	0,00
689,64	0,00	0,00	0,00	5031,33	0,00	0,00	0,00	0,00
689,64				5031,33				
719,87				5919,21				
703,16	689,64	689,64		5428,40	5031,33	5031,33		
689,64				5031,33				
689,64				5031,33				
	100,00	0,20	Weight of Sector 2		100,00	0,20	Weight of Sector 2	1,00
Minimizar				Minimizar				



PRODUCTION SYSTEM (Sector 3)

K31 - Gestão de resíduos (para redução de custos)	Sector 3 (K31)			K32 - Ebitda	Sector 3 (K32)			Σ(Ind. Sector 3)
	Nij (K31)	Pij (K31)	IPM (K31)		Nij (K32)	Pij (K32)	IPM (K32)	
5107,20	0,00	1532,16	0,00	1240979,84	62048,99	0,00	0,24	0,24
3575,04	0,00	0,00	0,00	1303028,83	0,00	0,00	0,00	0,00
3575,04	0,00	0,00	0,00	1303028,83	0,00	0,00	0,00	0,00
3575,04	0,00	0,00	0,00	1303028,83	0,00	0,00	0,00	0,00
3575,04	0,00	0,00	0,00	1303028,83	0,00	0,00	0,00	0,00
3575,04				1240979,84				
5107,20				1303028,83				
3575,04	3575,04	3575,04		1318368,19	1303028,83	1303028,83		
3575,04				1303028,83				
3575,04				1303028,83				
	0,20	100,00			0,20	100,00	Weight of Sector 3	1,00
Maximizar				Maximizar				

SOCIETY AS PROVIDER (Sector 4)

K41 - Engajamento dos colaboradores	Sector 4 (K41)			K42 - Contribuição per capita no resultado da empresa	Sector 4 (K42)			Σ(Ind. Sector 4)
	Nij (K41)	Pij (K41)	IPM (K41)		Nij (K42)	Pij (K42)	IPM (K42)	
60,00	20,00	0,00	1,25	31819,99	1591,00	0,00	0,24	1,49
80,00	0,00	0,00	0,00	33410,99	0,00	0,00	0,00	0,00
80,00	0,00	0,00	0,00	33410,99	0,00	0,00	0,00	0,00
80,00	0,00	0,00	0,00	33410,99	0,00	0,00	0,00	0,00
80,00	0,00	0,00	0,00	33410,99	0,00	0,00	0,00	0,00
60,00				31819,99				
80,00				33410,99				
84,94	80,00	80,00		33804,31	33410,99	33410,99		
80,00				33410,99				
80,00				33410,99				
	0,20	100,00			0,20	100,00	Weight of Sector 4	1,00
Maximizar				Maximizar				



SOCIETY AS RECEIVER (Sector 5)

K51 - Empregos	Nij (K51)	Pij (K51)	IPM (K51)	K52 - Salários	Nij (K52)	Pij (K52)	IPM (K52)	Σ(Ind. Sector 5)
39,00	0,00	0,00	0,00	4730,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,00	0,00	0,00	0,00	4730,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,00	0,00	0,00	0,00	4730,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,00	0,00	0,00	0,00	4730,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,00	0,00	0,00	0,00	4730,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,00				4730,00				
39,00				4730,00				
39,00	39,00	39,00		4730,00	4730,00	4730,00		
39,00				4730,00				
39,00				4730,00				
	0,20	100,00			0,20	100,00	Weight of Sector 5	1,00
Manter				Manter				

GOVERNANCE (Sector 6)

K61 = Energia + energia elétrica	Nij (K61)	Pij (K61)	IPM (K61)	K62 = Resíduos sólidos + emissões	Nij (K62)	Pij (K62)	IPM (K62)
1,03	0,00	0,03	0,16	1,18	0,00	0,18	0,91
1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1,00				1,00			
1,03				1,18			
1,02	1,00	1,00		1,12	1,00	1,00	
1,00				1,00			
1,00				1,00			
	100,00	0,20			100,00	0,20	Weight of Sector 6
Minimizar				Minimizar			



K63 = Ebitda (R\$) +/- Gestão de resíduos	Nij (K63)	Pij (K63)	IPM (K63)	K64 = IDH segmentado	Nij (K64)	Pij (K64)	IPM (K64)
0,86	0,14	0,00	0,70	0,82	0,03	0,00	0,17
1,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
0,86				0,82			
1,00				0,85			
1,03	1,00	1,00		0,86	0,85	0,85	
1,00				0,85			
1,00				0,85			
	0,20	100,00	Weight of Sector 6		0,20	100,00	Weight of Sector 6
Maximizar				Maximizar			

K65 = Gini segmentado	Nij (K65)	Pij (K65)	IPM (K65)	Σ (Ind. Sector 6)	Σ (IPM)
0,93	0,00	0,05	0,26	2,20	5,32
0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,88					
0,93					
0,91	0,88	0,88			
0,88					
0,88					
	100,00	0,20	Weight of Sector 6	1,00	
Minimizar					

