



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DELMIRO GOUVEIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RAFAELA GEANNE FIRMINO DOS SANTOS

Combinando Modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) e Modelo de Decisão Multicritério PROMETHEE ROC para ranquear os fatores relacionados ao Sistema de Gestão Integrada

Delmiro Gouveia, AL

2024

RAFAELA GEANNE FIRMINO DOS SANTOS

Combinando Modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) e Modelo de Decisão Multicritério PROMETHEE ROC para ranquear os fatores relacionados ao Sistema de Gestão Integrada

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado a Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, Campus SEDE Delmiro Gouveia, como
pré-requisito para a obtenção do grau de
Licenciado em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof.º Dr.º Jonhatan Magno Norte da
Silva

Coorientador: Prof. Me. Lucas Miguel Alencar de
Morais Correia

Delmiro Gouveia, AL

2024

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S237c Santos, Rafaela Geanne Firmino dos

Combinando modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) e Modelo de Decisão Multicritério PROMETHEE ROC para ranquear os fatores relacionados ao Sistema de Gestão Integrada / Rafaela Geanne Firmino dos Santos. – 2024.
60 f. : il.

Orientação: Jonhatan Magno Norte da Silva.

Coorientação: Lucas Miguel Alencar de Moraes Correia.

Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia de Produção. Delmiro Gouveia, 2024.

1. Engenharia de Produção. 2. Gestão da Qualidade. 3. Gestão Ambiental. 4. Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional. 5. Sistema de Gestão Integrada - SGI. I. Silva, Jonhatan Magno Norte da, orient. II. Correia, Lucas Miguel Alencar de Moraes, coorient. III. Título.

CDU: 658.511

Folha de Aprovação

RAFAELA GEANNE FIRMINO DOS SANTOS

Combinando Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM)
e Modelo de Decisão Multicritério PROMETHEE ROC para Ranquear os Fatores
Relacionados ao Sistema de Gestão Integrada

Trabalho de conclusão do curso de
Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Alagoas do Campus do Sertão.

Orientador: Dr. Jonhatan Magno Norte da
Silva

Aprovada em 13/05/2024

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 JONHATAN MAGNO NORTE DA SILVA
Data: 13/05/2024 15:36:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jonhatan Magno Norte da Silva
Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

Documento assinado digitalmente
 ANTONIO PEDRO DE OLIVEIRA NETTO
Data: 14/05/2024 08:02:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto
Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

Documento assinado digitalmente
 LUCAS MIGUEL ALENCAR DE MORAIS CORREIA
Data: 13/05/2024 15:41:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Lucas Miguel Alencar de Moraes Correia (PPGEP/UFRGS)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ao Deus de Israel, à minha família e ao meu
eu do futuro, dedico os últimos passos dessa
fase.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha profunda gratidão ao Deus de Israel, YHWH, cuja presença tem sido constante em todos os dias da minha vida. Ele nunca me abandonou, dando-me forças para superar os maiores desertos da graduação. A Ele toda honra e toda glória.

Agradeço também às pessoas que foram fundamentais na minha formação. Aos meus pais, Waléria Geanne dos Santos da Silva e Valdemar Firmino dos Santos Filho, que sempre me apoiaram, sustentaram e abençoaram minha busca pelos meus sonhos. À minha querida irmã, Ghésica Geanne, por ser minha maior inspiração e quem mais me ajudou durante todo esse tempo; sem ela, eu não estaria aqui. E ao meu cunhado, Rafael Bastos, que é como um irmão para mim.

Gostaria também de mencionar minha querida tia Mere, minha tia de sangue, minha primeira professora e grande incentivadora dos meus estudos, desde o início até a graduação. E também à família que me acolheu na cidade de Delmiro Gouveia, em especial à minha amiga Raiane Laila, sua mãe Gilza, seu pai Robson e suas irmãs Ruana e Gisele.

Um agradecimento especial ao meu orientador Professor Dr. Jonhatan Magno Norte da Silva, por todo conhecimento e orientação não apenas neste trabalho, mas por toda a contribuição profissional durante todo o curso. E ao meu coorientador, Lucas Miguel Alencar, que auxiliou em cada etapa e em cada análise crítica para o aprimoramento deste trabalho.

Não posso deixar de agradecer também àqueles que estiveram ao meu lado durante todo o curso. Às minhas amigas Eloyse Rochelly e Joyce Edra, que foram os pilares mais sólidos nos momentos de alegria e tristeza. À minha amiga Engenheira Civil Kimberly Geanne, que compartilhou tantos momentos comigo, à Gisele Faustino, com quem passei tantas madrugadas de estudo, e aos meus amigos José Ney e Iago Correia, que completavam a turma e tornavam essa jornada um pouco mais leve.

Em especial, dedico este trabalho à minha saudosa avó Cícera, que sempre me incentivou amorosamente a estudar e concluir minha faculdade. Esta é também para você, vovó!

A todas essas pessoas, dedico este trabalho. Sem vocês, eu não estaria aqui. Obrigada!

RESUMO

Os Sistemas de Gestão Integrados (SGI) são um conjunto de processos, políticas, procedimentos e práticas organizacionais combinados em uma única estrutura unificada para gerenciar as operações de uma organização. O SGI é formado pela integração de sistemas de gestão da qualidade, ambiental e de saúde e segurança ocupacional, buscando uma abordagem unificada para a administração eficaz dessas áreas. Essa integração permite benefícios relacionados a eficiência operacional, a redução custos, o aumento da satisfação dos clientes, o cumprimento de regulamentações, a promoção de uma cultura organizacional voltada para a qualidade e a sustentabilidade, redução de riscos, a prevenção de acidentes de trabalho e a minimização do impacto ambiental das operações da empresa. O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise sobre o grau de percepção que os trabalhadores possuem de um sistema de gestão integrado composto pelos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) de uma empresa do setor elétrico, afim de entender como os fatores do SGI são percebidos pelos trabalhadores, e realizar um ranking desses fatores através de um método multicritério que possa auxiliar na tomada de decisão. A análise faz uso de uma abordagem híbrida através de Modelagem de equações estruturais de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) e método multicritério *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation II* (PROMETHEE II) com o procedimento de elicitação de pesos substitutos *Rank Order Centroid* (PROMETHEE-ROC). O PLS-SEM foi utilizado para mensurar os fatores que formam a percepção dos trabalhadores e validar a confiabilidade e robustez do modelo geral proposto, enquanto o PROMETHEE-ROC foi utilizado para ordenar os itens do SGI. Os resultados confirmam a presença de três construtos de gestão (SGA, SGQ e SGSSO) presentes no SGI. O modelo mostrou-se robusto e confiável para medir a percepção dos trabalhadores em relação ao SGI. Por fim, o ranking mostrou que os itens que demandam maior esforço por parte da empresa são os tratados pelas questões 25 (referente ao SGSSO), e 14, 16 e 19 (referentes ao SGA). Essas questões tratam, respectivamente, da insatisfação dos trabalhadores com relação a jornada de trabalho, preocupação da organização com a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados, política organizacional estruturada de educação ambiental, cultura de desenvolvimento sustentável e falta de percepção em relação a um ambiente laboral salubre e saudável. O conhecimento sobre esses pontos críticos é de grande valia para a tomada de decisão na organização e direciona medidas futuras para melhorar o SGI e basear decisões organizacionais.

Palavras-chave: Sistema de gestão ambiental, Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional; Sistema de gestão da Qualidade; Abordagem híbrida.

ABSTRACT

Integrated Management Systems (IMS) are a set of processes, policies, procedures, and organizational practices combined into a single unified framework to manage an organization's operations. IMS is formed by the integration of quality, environmental, and occupational health and safety management systems, aiming for a unified approach to effectively administer these areas. This integration allows for benefits related to operational efficiency, cost reduction, increased customer satisfaction, regulatory compliance, the promotion of an organizational culture focused on quality and sustainability, risk reduction, accident prevention, and minimizing the environmental impact of the company's operations. The objective of this work is to analyze the degree of perception that workers have of an integrated management system composed of the Quality Management System (QMS), Environmental Management System (EMS), and Occupational Health and Safety Management System (OHSMS) in an electric sector company, in order to understand how the IMS factors are perceived by workers, and to rank these factors through a multi-criteria method that can assist in decision-making. The analysis employs a hybrid approach using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) and the multi-criteria method Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation II (PROMETHEE II) with the Rank Order Centroid (PROMETHEE-ROC) weight elicitation procedure. PLS-SEM was used to measure the factors that form workers' perceptions and to validate the reliability and robustness of the proposed overall model, while PROMETHEE-ROC was used to rank the IMS items. The results confirm the presence of three management constructs (EMS, QMS, and OHSMS) present in IMS. The model proved to be robust and reliable in measuring workers' perceptions of IMS. Finally, the ranking showed that the items requiring the most effort from the company are those addressed by questions 25 (related to OHSMS), and 14, 16, and 19 (related to EMS). These questions respectively deal with workers' dissatisfaction with working hours, the organization's concern with reducing the amount of solid waste generated, structured organizational policies on environmental education, a culture of sustainable development, and the lack of perception regarding a healthy and safe work environment. Knowledge of these critical points is of great value for decision-making within the organization and guides future measures to improve IMS and base organizational decisions.

Keywords: Environmental management system, Occupational Health and Safety Management System; Quality Management System; Hybrid approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Modelo teórico validado	40
Figura 2	- Ranking final dos itens do sistema SGI.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Resultados das relações oriundas do PLS-SEM	37
Tabela 2	- Avaliação da validade discriminante	38
Tabela 3	- Resultado do teste de cross-loading	38
Tabela 4	- Resultados do modelo estrutural	39
Tabela 5	- Objetivos e critérios	42
Tabela 6	- Conjunto de alternativas do problema de decisão e matriz de consequência..	43
Tabela 7	- Matriz de consequências II	44
Tabela 8	- Ranking final dos itens do sistema SGI	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SGI	Sistema de Gestão Integrado
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
ISO	Organização Internacional de Normalização
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGSSO	Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Justificativa.....	16
1.2. Objetivo da Pesquisa.....	17
1.2.1. Objetivo geral.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. Sistema de Gestão Integrado.....	18
2.1.1. Sistema de Gestão da Qualidade	19
2.1.2. Sistema de Gestão Ambiental	20
2.1.3. Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional	21
2.1.4. A importância dos trabalhadores no funcionamento do SGI	21
2.2. Modelos de Equações Estruturais	22
2.2.1. PLS-SEM	24
2.3. Modelagem de Decisão Multicritério	25
2.3.1. Modelos de suporte à decisão multicritério	27
2.3.2. Método PROMETHEE	30
2.3.3. Aplicação do PROMETHEE	31
2.3.4. PROMETHEE- ROC	32
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
3.1 Caracterização do estudo.....	33
3.2 Empresa	34
3.3 Questionário	34
3.4 PLS-SEM.....	36
4. ANÁLISES E RESULTADOS.....	36
4.1 Resultados sobre SEM-PLS.....	36
4.2 Análise sobre os resultados do SEM-PLS	40
4.3 Resultados sobre o modelo MCDM para ranquear itens do SGI	41
4.3.1 Definição do tomador de decisão	41
4.3.2 Estruturação dos objetivos e critérios	42
4.3.3 Estabelecimento do conjunto de itens do SGI	42
4.3.4 Estabelecimento do ranking dos critérios e computação dos pesos dos critérios	44
4.3.5 Avaliação dos itens críticos ao SGI	44
4.3.6 Recomendação final	46
5. DISCUSSÕES	47

5.1 Discussões sobre SEM-PLS	47
5.2 Discussões sobre PROMETHEE-ROC.....	49
5.3 Ações estratégicas que podem ser utilizadas nos pontos críticos	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos ambientes organizacionais tem demandado das empresas uma abordagem mais integrada e sistêmica para gerenciar seus processos e atividades. Nesse contexto, os Sistemas de Gestão Integrados (SGI) surgem como uma solução para auxiliar as organizações na gestão eficiente e eficaz de suas operações. Segundo Santos (2015), os SGIs são definidos como *"um conjunto de processos, políticas, procedimentos e práticas organizacionais combinados em uma única estrutura unificada para gerenciar eficaz e eficientemente as várias dimensões das operações de uma organização"*. De acordo com Hoyle (2019), os SGI's oferecem melhorias na eficiência operacional, redução de custos, conformidade regulatória e satisfação do cliente. Além disso, esses sistemas proporcionam uma visão integrada das operações, permitindo uma gestão mais estratégica e orientada a resultados (Croft, 2008).

Ao longo do tempo, a implementação de sistemas de gestão integrados se tornou uma prática amplamente adotada por empresas em diferentes setores. Autores como Bendell (2014) e Levinson (2018) enfatizam que os sistemas de gestão integrados oferecem benefícios significativos, como melhorias na eficiência operacional. No entanto, a implementação de sistemas de gestão integrados também apresenta desafios. Simpson (2020) e Hoyle (2019) ressaltam a importância de uma abordagem cuidadosa, com planejamento adequado, engajamento dos funcionários e monitoramento contínuo para garantir o sucesso da implementação.

Os SGIs geralmente incorporam vários sistemas de gestão específicos, cada um voltado para uma área funcional ou aspecto organizacional. Eles abrangem várias normas e práticas e visam melhorar o desempenho e a eficiência da organização. Entre os mais utilizados estão o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e o Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO) baseados na ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, respectivamente. Tais sistemas serão os abordados nesse trabalho de conclusão.

A norma ISO 9001 estabelece requisitos claros para a implementação de um sistema de gestão da qualidade, abrangendo desde o comprometimento da alta direção até a melhoria contínua dos processos organizacionais. Esses requisitos fornecem uma estrutura sólida para as organizações gerenciarem e aprimorarem a qualidade de seus produtos e serviços (Hoyle, 2019). Sua importância reside na capacidade de estabelecer um sistema de gestão da qualidade robusto que promove a excelência operacional, a satisfação do cliente e a competitividade no mercado (Lee; Dale, 1998).

A ISO 14001 é uma norma internacional que estabelece os requisitos para um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) eficaz. Ela foi desenvolvida pela *International Organization for Standardization* (ISO) e fornece às organizações uma estrutura para identificar, controlar e reduzir seu impacto ambiental. Além disso, a ISO 14001 ajuda as organizações a atenderem aos requisitos legais e regulamentares relacionados ao meio ambiente, bem como a melhorar continuamente seu desempenho ambiental (ISO, 2015). A importância da ISO 14001 reside em sua capacidade de promover a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental nas organizações. Ela também pode proporcionar uma melhor reputação da organização diante do mercado, aumentar sua vantagem competitiva e demonstrar seu compromisso com a proteção do meio ambiente (Jørgensen; Remmen, 2017).

A ISO 45001 é uma norma internacional que estabelece os requisitos para um Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) que fornece uma estrutura para identificar, controlar e reduzir os riscos ocupacionais, bem como para garantir o cumprimento dos requisitos legais e regulamentares relacionados à saúde e segurança no trabalho (ISO, 2018). Ao implementar um SGSSO conforme os requisitos da norma, as organizações podem reduzir acidentes e doenças ocupacionais, melhorar a satisfação e o bem-estar dos trabalhadores, e aumentar a produtividade e a eficiência operacional. Além disso, para o *British Standards Institution* (BSI) a certificação ISO 45001 pode ajudar as organizações a demonstrar seu compromisso com a segurança e saúde ocupacional, melhorando sua reputação e imagem no mercado (BSI, 2020).

Segundo Santos (2017), um SGI bem estruturado fornece informações precisas e atualizadas sobre todos os aspectos das operações da organização, o que é essencial para uma tomada de decisão informada e estratégica. Hoyle (2019) complementa essa ideia, destacando que um SGI efetivo não apenas fornece dados confiáveis, mas também ajuda a identificar oportunidades e ameaças, permitindo que a organização tome decisões proativas e baseadas em evidências. Além disso, conforme ressaltado por Croft (2015), um SGI oferece uma visão abrangente e integrada das diferentes áreas e processos da organização, facilitando a identificação de interdependências e a avaliação de impactos, o que é essencial para uma tomada de decisão holística e alinhada com os objetivos organizacionais.

1.1 Justificativa

Segundo Alexander (2006), a efetividade de um SGI está diretamente relacionada à capacidade da organização de unificar e coordenar suas diversas áreas de gestão para alcançar

seus objetivos e melhorar seu desempenho. Em contrapartida, a ineficácia do sistema pode ocasionar a falta de coordenação entre as diversas áreas funcionais da organização, o que resulta em redundância de esforços, conflitos de objetivos e desperdício de recursos. Esses problemas podem prejudicar a reputação da organização e minar a confiança de seus stakeholders (Bennett, 2019; Poksinska et al., 2013).

No cotidiano, estamos constantemente tomando decisões, desde escolhas simples até decisões mais complexas. Essas decisões parecem triviais, mas podem ter impactos significativos em nossas vidas. Da mesma forma, dentro das organizações, a tomada de decisão assertiva é crucial para o sucesso e a sobrevivência no mercado competitivo atual. Decisões bem fundamentadas podem impulsionar o crescimento, aumentar a eficiência operacional e fortalecer a posição da empresa no mercado, enquanto decisões equivocadas podem levar a prejuízos financeiros, perda de oportunidades e até mesmo ao declínio do negócio.

Conforme ressalta Santos (2017), é de grande importância que a organização tenha dados precisos, atualizados e de qualidade para a eficácia do SGI, pois informações imprecisas ou desatualizadas podem levar a decisões errôneas e impactar negativamente o desempenho organizacional, fazendo com que o sistema seja desestruturado. Assim, ter um conjunto de itens ou fatores ordenados é fundamental para a tomada de decisão assertiva em um SGI. Conforme destacado por Peter Drucker, considerado o pai da administração moderna, a eficácia na tomada de decisões depende da disponibilidade de informações pertinentes e da capacidade de avaliar e interpretar essas informações corretamente (Drucker, 1967).

Portanto, ao estabelecer um conjunto de itens de um SGI ordenados, a organização pode garantir que as decisões sejam baseadas em dados concretos e relevantes, considerando as inter-relações entre diferentes áreas e processos. Isso não apenas aumenta a eficácia das decisões tomadas, mas também contribui para a melhoria contínua e o sucesso a longo prazo da organização. Por isso a necessidade de se ter um processo estruturado de ordenação de itens para auxiliar a organização na tomada de decisões é real e indispensável. Do contrário, a tomada de decisões inadequadas pode levar a perdas financeiras significativas e afetar negativamente a reputação e a credibilidade da empresa (Thaler, 2015).

Neste sentido, o presente trabalho dedica-se a construção de um processo bem estruturado utilizando um modelo de decisão multicritério, afim de ordenar itens do maior para o menor, para auxiliar na tomada de decisão da organização quanto ao entendimento que os trabalhadores possuem sobre as contribuições do SGI na organização.

Com a utilização dessas ferramentas, busca-se fornecer suporte à diretoria da organização na tomada de decisões relacionadas ao aprimoramento e ajuste do Sistema de

Gestão Integrado. Os resultados obtidos possibilitaram identificar quais dimensões do SGI estão mais bem avaliadas pelos trabalhadores e quais áreas requerem maior atenção e investimento em melhorias.

Por fim, espera-se que este estudo contribua para a compreensão dos fatores que impactam a percepção multidimensional dos trabalhadores em relação ao Sistema de Gestão Integrado, promovendo uma cultura organizacional mais alinhada com a excelência operacional e com o compromisso sustentável, fatores indispensáveis para o sucesso e a perpetuidade das organizações na atualidade.

1.2 Objetivo

O objetivo desse trabalho de conclusão foi idealizado a partir de um objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os itens que representam a percepção dos trabalhadores sobre um Sistema de Gestão Integrado, utilizando a abordagem híbrida através de Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM) e ordenar os itens que são mais críticos a partir da construção de um modelo multicritério com base no método *Rank Order Centroid* (PROMETHEE-ROC) ..

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os conceitos e características do SGI composto pelos sistemas de gestão da qualidade, gestão ambiental e saúde e segurança ocupacional, ressaltando a importância do nível de entendimento que os trabalhadores têm sobre esses sistemas.
- Aplicar o PLS-SEM para confirmar os itens ou fatores presentes nos sistemas SGQ, SGA e SGSSO que fazem parte do SGI segundo a perspectiva dos trabalhadores de uma organização sobre o entendimento do SGI.
- Analisar os resultados obtidos do modelo PLS-SEM para identificar quais são os fatores críticos do sistema segundo a perspectiva dos trabalhadores.

- Utilizar o PROMETHEE ROC para aperfeiçoar o processo de ranqueamento, visando aprimorar a precisão dos resultados e a identificação das áreas prioritárias.
- Analisar os resultados obtidos com o ranqueamento para identificar as áreas do SGI que apresentam maior defasagem entre a percepção dos trabalhadores e os objetivos estabelecidos pela organização.
- Comparar a ordenação do PROMETHEE ROC em relação com as cargas fatoriais do modelo do PLS-SEM para identificação das prioridades.
- Apontar questionamentos e melhorias que podem ser implementadas para sanar os pontos críticos identificados no sistema de gestão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo abordará temas que servirão de base de sistema de gestão integrada, a modelagem de equações estruturais e a modelagem de decisão multicritério. Espera-se melhor posicionar os leitores acerca dos elementos que dão base a esse estudo.

2.1 Sistemas de Gestão Integrados

Muito antes da década de 90, quando se iniciou o entendimento sobre a importância da implementação de sistemas de gestão integrados, um sistema já era definido como um complexo de elementos em interação (BERTALANFFY, 1968). Segundo Bertalanffy (1986), a teoria dos sistemas é uma resposta para a necessidade de uma perspectiva unificada e geral de problemas complexos, uma tentativa de unificar diversos ramos da ciência que lidam com sistemas vivos.

Por volta da segunda metade do século XX, diante da expansão do ambiente competitivo dos negócios a nível global, as empresas começaram a discutir a importância tanto da implementação como da integração de sistemas de gestão (Croft, 2008), o que ao longo do tempo foi ganhando novas abordagens para suprir as necessidades das organizações. Um dos marcos importantes nessa história é a criação da norma ISO 9001 em 1987. Segundo Juran (1999), a ISO 9001 estabeleceu um padrão internacional para sistemas de gestão da qualidade, trazendo uma abordagem sistemática e baseada em processos para a gestão da qualidade nas empresas. Posteriormente, a preocupação com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental levou à criação de sistemas de gestão ambiental. Nesse sentido, a norma ISO

14001, desenvolvida em 1996, tornou-se uma referência importante. Autores como Heinonen e Xu (2014) destacam a crescente importância da gestão ambiental nas empresas e a influência da norma ISO 14001 nesse processo.

A necessidade de abordar a saúde e a segurança ocupacional no ambiente de trabalho também ganhou destaque. A norma OHSAS 18001, lançada em 1999, forneceu diretrizes para a implementação de sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional. Segundo Hinze e Thurman (2006), a importância da gestão de riscos ocupacionais e a contribuição desses sistemas para a prevenção de acidentes e doenças no trabalho é indispensável.

Com a necessidade de implementar esses sistemas de gestão nas organizações surgiram os *Enterprise Resource Planning* (ERP's) ou Sistemas de Gestão Integrados. Segundo Croft (2008), os sistemas de gestão integrados são uma abordagem holística que busca integrar múltiplos sistemas de gestão em uma única estrutura, integrando sistemas de gestão de qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional e outros sistemas de gestão específicos para as necessidades da organização.

De acordo com a *International Organization for Standardization* (ISO), os SGIs são uma abordagem holística de gerenciamento que permite que as organizações identifiquem, avaliem e gerenciem de forma integrada os riscos ambientais, de qualidade e de saúde e segurança do trabalho (ISO, 2015).

Stalknecht (2003) traz uma visão ampla sobre como a integração de sistemas de gestão pode levar a benefícios significativos para as empresas, incluindo melhorias na eficiência, redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos e serviços, proteção ambiental e melhorias na saúde e segurança dos trabalhadores.

No entanto, a implementação de sistemas de gestão integrados também apresenta desafios. Autores como Simpson (2020) e Hoyle (2019) ressaltam a importância de uma abordagem cuidadosa, com planejamento adequado, engajamento dos funcionários e monitoramento contínuo para garantir o sucesso da implementação.

2.1.1. Sistema de Gestão da Qualidade

A ISO 9001 é uma norma internacional de gestão da qualidade que estabelece requisitos e diretrizes para sistemas de gestão da qualidade em organizações. Ela foi desenvolvida pela ISO na década de 1950, quando as indústrias começaram a reconhecer a importância de padrões de qualidade consistentes (ISO, 2022).

A norma ISO 9001 estabelece requisitos claros para a implementação de um sistema de

gestão da qualidade, abrangendo desde o comprometimento da alta direção até a melhoria contínua dos processos organizacionais. Esses requisitos fornecem uma estrutura sólida para as organizações gerenciarem e aprimorarem a qualidade de seus produtos e serviços (Hoyle, 2019), como também promovem a capacidade de estabelecer um sistema de gestão da qualidade robusto, capaz de alcançar a excelência operacional, satisfação do cliente e competitividade de mercado (Lee; Dale, 1998).

A base para a implementação eficaz desse sistema envolve alguns aspectos, dos quais os mais importantes, para a ISO (2015) são:

1. Foco no cliente: A satisfação do cliente é o principal objetivo, e todas as atividades da organização devem estar alinhadas para atender às necessidades e expectativas do cliente;
2. Liderança: A alta direção deve demonstrar liderança e comprometimento com o sistema de gestão da qualidade, estabelecendo uma cultura de qualidade em toda a organização;
3. Envolvimento de pessoas: Os funcionários desempenham um papel fundamental na melhoria contínua, e a organização deve envolvê-los, capacitá-los e motivá-los;
4. Abordagem de processo: As atividades da organização são gerenciadas como processos inter-relacionados, o que ajuda a alcançar eficiência e consistência;
5. Melhoria contínua: A organização deve buscar continuamente a melhoria de seus processos e desempenho.

A partir do acompanhamento de tais cinco elementos é possível ter parâmetros para garantir qualidade nas organizações. Contudo, outros sistemas também demandam preocupação como o Sistema de Gestão Ambiental.

2.1.2 Sistema de Gestão Ambiental

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é uma abordagem estruturada que as organizações adotam para gerenciar e melhorar seu desempenho ambiental. Ele se baseia em uma série de requisitos e princípios destinados a promover a sustentabilidade, a conformidade legal e a minimização dos impactos ambientais (ISO, 2015).

A norma ISO 14001 é a referência internacional mais amplamente aceita para a implementação de SGA. Ela segue a estrutura de alto nível conhecida como Anexo SL, tornando-a compatível com outras normas de sistemas de gestão, como a ISO 9001 (gestão da qualidade) e a ISO 45001 (gestão de saúde e segurança no trabalho) (ISO, 2015).

Os principais requisitos que envolvem a implementação da norma exigem a compreensão do contexto operacional por parte da organização, incluindo questões ambientais relevantes, liderança e comprometimento da alta gestão, planejamento para definição de objetivos ambientais e a elaboração de um plano de ação, operação e controle de processos para evitar impactos ambientais adversos, entre outros (ISO, 2015).

2.1.3 Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional

O Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) tem como objetivo gerenciar e melhorar a saúde e a segurança dos trabalhadores de uma organização. Ele visa prevenir acidentes, lesões e doenças ocupacionais, bem como promover um ambiente de trabalho seguro e saudável para todos os colaboradores (ISO, 2018).

A importância do SGSSO reside na proteção da vida e da saúde dos trabalhadores, no cumprimento das obrigações legais e regulatórias e na promoção de uma cultura de segurança organizacional. Implementar um SGSSO eficaz pode reduzir custos relacionados a acidentes de trabalho, melhorar a produtividade e a moral dos funcionários, além de fortalecer a imagem da organização perante clientes e partes interessadas (DeJoy, 2005).

Alguns dos principais benefícios da implementação de um SGSSO são a redução do número de acidentes e lesões no local de trabalho (Zohar, 2000), melhorias na produtividade devido ao menor absenteísmo e rotatividade de funcionários (Chen et al., 2015), melhora a reputação da organização, demonstrando seu compromisso com a saúde e segurança de seus trabalhadores e do meio ambiente (Weaver et al., 2007).

2.1.4 A importância dos trabalhadores no funcionamento do SGI

Os sistemas de gestão integrados desempenham um papel crucial na busca pela excelência organizacional, permitindo às empresas coordenar e alinhar seus processos de forma eficaz (Psychogios; Oke, 2017). Cugueró-Escofet e Ricart (2017) destacam a participação ativa dos funcionários como fundamental para o sucesso dos sistemas de gestão integrados. Para garantir a consistência das práticas organizacionais é necessário que os trabalhadores estejam alinhados e compreendam de forma clara o que é proposto pelo sistema de gestão. (Cugueró-Escofet; Ricart, 2017).

Os trabalhadores são os responsáveis diretos pela execução das políticas e procedimentos estabelecidos nos sistemas de gestão integrados. Conforme Krishnan (2020)

destaca, eles desempenham um papel crucial na implementação e manutenção desses sistemas (KRISHNAN, 2020). Portanto, é fundamental que os trabalhadores estejam cientes e alinhados com as diretrizes estabelecidas, para que possam agir de acordo com as melhores práticas e contribuir para o bom funcionamento da organização.

De acordo com Carvalho e Carvalho (2018), a compreensão da visão dos colaboradores em relação ao sistema da empresa pode fornecer informações valiosas que influenciam diretamente as estratégias e a gestão da organização. Os trabalhadores de nível operacional possuem um conhecimento detalhado dos processos, fluxos de trabalho e interações internas, o que pode contribuir significativamente para a identificação de problemas e oportunidades de melhoria (Carvalho; Carvalho, 2018).

Segundo Machado e Silva (2020) a voz dos trabalhadores de nível operacional oferece uma perspectiva única que pode ajudar os gestores a identificar falhas e lacunas na implementação do sistema, bem como insights sobre possíveis melhorias (Machado e Silva, 2020, p. 45).

Snell e Simsek (2019) ainda ressalta que a inclusão dos trabalhadores de nível operacional no processo de tomada de decisão pode fortalecer a cultura organizacional e aumentar o engajamento dos funcionários. Os autores afirmam que ao reconhecer a importância das perspectivas dos trabalhadores de nível operacional, as organizações podem criar um ambiente de trabalho que valoriza a participação ativa e promove uma cultura de propriedade compartilhada (Snell; Simsek, 2019, p. 78).

2.2. Modelagem de Equações Estruturais

A Modelagem de Equações Estruturais (MEE) ou *Structural Equation Modeling* (SEM) é uma técnica estatística poderosa que permite aos pesquisadores examinarem e compreender relações complexas entre variáveis latentes (Hair et al., 2014). Ao combinar análise fatorial e análise de regressão, a MEE possibilita a investigação das relações de causa e efeito entre variáveis observáveis e não observáveis (Bentler, 1995). Ela tem sido amplamente utilizada em diversas áreas, como psicologia, sociologia, economia, administração e engenharias para testar e validar teorias, desenvolver modelos explicativos e realizar previsões (Hair et al., 2014; Kline, 2016). A MEE é fundamentada em uma série de pressupostos teóricos e estatísticos, e podemos partir de dois tipos centrais de modelo: O modelo de medida e o modelo estrutural.

O modelo de medida estabelece a relação entre as variáveis observadas e as variáveis latentes. De acordo com Byrne (2016), esse modelo descreve como as variáveis latentes são

mensuradas por meio de indicadores observáveis. Já o modelo estrutural descreve as relações entre as variáveis latentes. Esse modelo representa as hipóteses teóricas sobre as relações entre as variáveis latentes, permitindo testar e avaliar sua adequação aos dados observados.

Primeiramente, pressupõe-se que as variáveis latentes são construtos subjacentes que não podem ser diretamente observados, mas que podem ser inferidos a partir de medidas observáveis (Bollen, 1989). Esses construtos representam conceitos abstratos que podem ser medidos por meio de múltiplas variáveis manifestas, as quais capturam diferentes aspectos do construto em questão (Hair et al., 2014).

A MEE também assume que as variáveis manifestas são influenciadas pelas variáveis latentes, por meio de coeficientes de regressão chamados de pesos (Kline, 2016). Esses pesos representam a força e a direção das relações entre as variáveis latentes e manifestas, permitindo avaliar a magnitude do efeito que cada construto exerce sobre suas respectivas variáveis observáveis. Além disso, a técnica também considera a possibilidade de erros de mensuração nas medidas observadas, os quais são representados por meio de termos de erro (Bentler, 1995).

Uma das vantagens da modelagem de equações estruturais é sua capacidade de realizar análises simultâneas de múltiplas equações e construtos. Isso permite aos pesquisadores examinarem relações complexas e até mesmo modelos causais, explorando relações diretas e indiretas entre variáveis (Kline, 2016). Além disso, a MEE possibilita a incorporação de variáveis mediadoras, as quais atuam como mecanismos de transmissão de efeitos entre variáveis independentes e dependentes (Baron & Kenny, 1986).

Uma etapa crucial na aplicação da MEE é a avaliação da qualidade do ajuste do modelo. Diversas estatísticas são utilizadas para avaliar a adequação do modelo aos dados observados, como o qui-quadrado (χ^2), o índice de ajuste comparativo (CFI), o índice de Tucker-Lewis (TLI) e o erro de aproximação quadrático médio (RMSEA) (Bentler, 1990). Essas estatísticas fornecem informações sobre a consistência dos dados com o modelo proposto, permitindo que os pesquisadores avaliem a validade do modelo teórico. Após a aprovação do modelo teórico na fase inicial da MEE, passamos para a fase de análise e validação do modelo. Nesta fase, é essencial realizar uma série de etapas que visam avaliar a adequação do modelo proposto aos dados coletados e examinar as relações entre as variáveis latentes e observadas.

A metodologia se inicia com a amostragem e coleta de dados que precisa ter uma base representativa, pois a seleção adequada da amostra é fundamental para a validade externa dos resultados da pesquisa, isso é um fator essencial para generalizar os resultados e evitar vieses (Hair Jr. et al., 2017 p. 127). Nesse sentido, é importante garantir que a amostra seja suficiente em tamanho para fornecer resultados estatisticamente significativos (Neto, 1977).

No processo de coleta de dados, a escolha dos instrumentos de medida adequados são cruciais para garantir a validade e confiabilidade das medidas, o que assegura a qualidade dos dados coletados (Fornell; Larcker, 1981, p. 318). Dessa forma, é necessário que os pesquisadores utilizem instrumentos previamente validados em estudos anteriores.

Antes de prosseguir com a análise dos dados, é necessário realizar um pré-processamento de dados adequado. Conforme recomendado por Kline (2016), o pré-processamento dos dados envolve procedimentos como verificação da qualidade dos dados, tratamento de valores ausentes e transformação de variáveis (p. 301). Esses procedimentos são indispensáveis para garantir a integridade dos dados e a validade das análises subsequentes.

Posteriormente entramos na fase da análise da estrutura do modelo, que é realizada para avaliar as relações propostas entre as variáveis latentes e observadas. A análise fatorial confirmatória (CFA) é uma técnica amplamente utilizada para testar a adequação das medidas observadas às variáveis latentes (Byrne, 2016). Segundo Byrne, a CFA é uma ferramenta poderosa para examinar as relações entre as variáveis latentes e os indicadores observados (p. 92).

Após a análise da estrutura do modelo, podem ser necessários ajustes para melhorar a adequação do modelo aos dados. Os ajustes no modelo são essenciais para garantir uma representação precisa das relações entre as variáveis e podem envolver a modificação de relações entre as variáveis, inclusão ou exclusão de caminhos, adição de covariáveis ou outros ajustes específicos ao contexto da pesquisa (Hair Jr. et al., 2017, p. 374).

A análise de ajuste do modelo é fundamental para avaliar quão bem o modelo se ajusta aos dados observados. É nesse momento que são utilizados os índices de ajuste já citados acima, como o qui-quadrado e o erro quadrático médio de aproximação (RMSEA) (HU; BENTLER, 1999). Por fim, o teste de hipóteses é realizado para verificar a significância estatística das relações propostas no modelo.

2.2.1 PLS-SEM

O Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) é um método estatístico amplamente utilizado em pesquisas acadêmicas e estudos de análise de dados. Ele é um modelo que combina técnicas de regressão parcial (Partial Least Squares - PLS) e modelagem de equações estruturais (Structural Equation Modeling - SEM). Segundo Hair et al. (2017), o PLS-SEM é uma abordagem flexível e poderosa para analisar relações causais complexas entre variáveis latentes e observáveis.

A execução do PLS-SEM envolve várias etapas para que a análise dos dados seja considerada assertiva. De acordo com Hair et al. (2017), essas etapas incluem: a especificação do modelo teórico, a coleta de dados, o pré-processamento dos dados, a estimação do modelo, a avaliação da qualidade do modelo e a interpretação dos resultados.

A avaliação do modelo no PLS-SEM envolve a análise de diferentes critérios, como a confiabilidade, validade convergente e discriminante, e ajuste do modelo (CHIN, 1998). Essa avaliação da qualidade do modelo é um processo crucial, pois verifica a confiabilidade e a validade dos construtos como também a adequação do modelo proposto.

Outra fase essencial do método é a interpretação dos resultados, que ajuda a entender as relações entre as variáveis latentes e observáveis. Segundo Sarstedt et al. (2017), essa etapa envolve a análise dos coeficientes de caminho, as cargas fatoriais, os pesos das variáveis latentes e outros indicadores de relevância e significância estatística, que fornece insights sobre as relações entre as variáveis e o impacto das variáveis latentes no modelo.

É importante ressaltar que uma das principais vantagens do PLS-SEM é sua capacidade de lidar com modelos complexos e pequenas amostras de dados. Segundo Henseler et al. (2009), O PLS-SEM é particularmente útil quando as amostras são pequenas e as relações entre variáveis são desconhecidas ou ambíguas. Essa flexibilidade torna o PLS-SEM uma escolha popular em áreas como ciências sociais, gestão e marketing.

2.3 Modelos de Decisão Multicritério

A tomada de decisão é uma atividade essencial que ocorre rotineiramente em diversos contextos, envolvendo indivíduos ou organizações, sejam elas públicas ou privadas. Em uma organização, por exemplo, essa atividade pode ter um impacto significativo em todas as áreas, tanto internas quanto externas. Quando as decisões são tomadas de maneira inadequada ou não estruturada, podem acarretar problemas em diversas perspectivas, incluindo as sociais, econômicas e/ou ambientais (De Almeida et al., 2016).

Em muitos casos, as decisões enfrentam realidades complexas que envolvem múltiplos critérios a serem considerados (FREJ et al., 2019). Nesse contexto, a organização se depara com um problema de Decisão Multicritério (DM), que se caracteriza por situações em que existem pelo menos duas alternativas de ação a serem escolhidas, ordenadas ou classificadas, conduzidas pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos/critérios, frequentemente conflitantes entre si (De Almeida, 2013).

Para auxiliar os tomadores de decisão a lidarem com esses desafios, surgem os modelos

de decisão multicritério, os quais se apresentam como ferramentas valiosas para apoio à decisão (Correia et al., 2022). Um modelo de decisão multicritério corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema de decisão com múltiplos objetivos enfrentados pelo decisor (De Almeida, et al., 2013). Esses modelos possibilitam uma análise mais ampla, pois devem incorporar a modelagem de preferências do decisor ou elicitación de suas preferências sobre o conjunto de consequências para o problema em questão. Além disso, eles oferecem estruturas e métodos para abordar a subjetividade das preferências individuais dos envolvidos no processo decisório (De Almeida, 2013).

Modelos de decisão multicritério podem envolver critérios de natureza tanto quantitativa como qualitativa, e refletem as diferentes dimensões do problema em questão (Belton; Stewart, 2002). Dessa forma, os modelos de decisão multicritério permitem que os tomadores de decisão considerem diferentes perspectivas e objetivos ao analisar e comparar as alternativas disponíveis. É comum na formulação de um modelo de decisão multicritério a construção de uma matriz de consequências, que permite representar o problema de decisão. Essa matriz expressa, na forma de valores, o desempenho de cada alternativa do problema em relação a cada critério, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Matriz de consequências

ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS			
	C1	C2		Cm
a1	v1(a1)	v2(a1)		vm(a1)
a2	v1(a2)	v2(a2)		vm(a2)
.....				
an	v1(an)	v2(an)		vm(an)

Fonte: Elaboração Própria.

Geralmente, modelos de decisão são desenvolvidos com base em métodos de apoio à decisão. Alguns desses modelos são criados para resolver problemas específicos, como a seleção de fornecedores industriais (Frej et al., 2017), identificar e resolver problemas em um sistema urbano de abastecimento de água (Monte; Morais, 2019), ordenação de postos de trabalho para intervenções ergonômicas (Correia et al., 2022) ou seleção de prestadores de serviços de inspeção (Rodrigues et al., 2023). Portanto, um método multicritério de apoio à

decisão pode ser empregado na construção de modelos destinados a abordar problemas de decisão específicos.

Em resumo, os modelos de decisão multicritério são ferramentas essenciais para resolver problemas complexos que requerem a consideração de múltiplos critérios. Esses modelos permitem uma análise mais abrangente e estruturada baseada em dados e fornecem um suporte valioso para os tomadores de decisão na busca de soluções eficazes e informadas. Quando os modelos de decisão multicritério são aplicados corretamente, os gerentes podem tomar decisões mais informadas, considerar múltiplos aspectos relevantes para um determinado problema e obter melhores resultados.

2.3.1 Métodos de suporte à decisão multicritério

Um método de apoio à decisão multicritério consiste numa formulação metodológica ou numa teoria, com estrutura axiomática bem definida. Possui uma característica mais genérica e se aplica a uma classe de problemas de decisão. Existem diversos métodos desenvolvidos para o tratamento de problemas multicritério. Esses métodos podem ser classificados de diversas formas (De Almeida, 2013). Primeiro, podem ser classificados conforme a natureza do conjunto de alternativas que pode ser um conjunto discreto ou conjunto de alternativas contínuas. Segundo uso de métodos de programação matemática, com destaque para programação linear multiobjetivo (PLMO), incluindo programação não linear. Além disso, os métodos multicritério também pode ser categorizados com base na natureza do problema de decisão que eles abordam, que pode ser de escolha, ordenação, classificação ou gestão de portfólio.

De acordo com De Almeida (2013), na literatura, é comum encontrar três tipos principais de classificação para os métodos multicritério. O primeiro grupo abrange os métodos de critério único de síntese, que agregam os critérios em um único critério de síntese, destacando-se os métodos baseados no modelo aditivo determinístico. O segundo grupo engloba os métodos de sobreclassificação (*outranking*), superação, prevalência ou subordinação, com destaque para a família de métodos ELECTRE e a família de métodos PROMETHEE. O terceiro grupo inclui os métodos iterativos, como os métodos PLMO, que fazem uso de procedimentos iterativos. Além dessas categorias, De Almeida (2013) menciona outros três grupos de métodos, alguns dos quais compartilham características com os três tipos anteriores: métodos de agregação ordinal, métodos de agregação baseados em informações parciais e métodos com lógica Fuzzy. Por fim, outra classificação desses métodos é baseada na racionalidade adotada para abordar o problema, resultando em métodos compensatórios e não

compensatórios (De Almeida, 2013).

Ao longo do tempo, vários métodos multicritério foram desenvolvidos. Dois métodos amplamente utilizados em modelos de decisão multicritério são o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e o *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). O método AHP, proposto por Saaty (1980), permite estruturar o problema de decisão em uma hierarquia de critérios, subcritérios e alternativas, facilitando a comparação e a priorização das opções. O método utiliza julgamentos comparativos entre pares de elementos para determinar as importâncias relativas dos critérios e subcritérios. Uma das principais características da AHP é o uso de matrizes de comparação.

As matrizes de comparação são uma forma de capturar as preferências e importâncias relativas dos critérios e alternativas, permitindo uma análise matemática precisa (Saaty, 1994). Essas matrizes são preenchidas pelos tomadores de decisão por meio de julgamentos comparativos entre pares de elementos, onde são atribuídos valores representando a intensidade das preferências. Ao analisar a aplicação da AHP, Belton e Gear (1983) afirmam que a Análise Hierárquica tem sido utilizada em uma ampla gama de setores e problemas, desde a seleção de projetos até a avaliação de desempenho. Essa versatilidade demonstra a capacidade da AHP em lidar com problemas complexos e apoiar a tomada de decisão informada e embasada.

O TOPSIS, desenvolvido por Hwang e Yoon (1981), é um método utilizado para a classificação de alternativas em relação a um conjunto de critérios. É um método eficaz para a tomada de decisão multicritério, pois fornece uma medida objetiva para classificar alternativas, considerando simultaneamente os critérios de desempenho desejáveis e indesejáveis. (Hwang; Yoon, 1981). Ao analisar a eficácia do TOPSIS, Chen et al. (2009) afirmam que a Técnica de Preferência Global tem sido aplicada com sucesso em várias áreas, como seleção de fornecedores, avaliação de projetos e análise de desempenho". Essa ampla aplicação evidencia a versatilidade do método e sua capacidade de lidar com problemas complexos em diferentes contextos.

Além dos dois métodos mencionados, há a família de métodos multicritério denominado de *Flexible Interactive Tradeoff* (FITradeoff) (De Almeida et al., 2016; De Almeida et al., 2023). O método FITradeoff foi desenvolvido para poder modelar as preferências de um decisor com informações parciais sobre os valores das constantes de escala no escopo do da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT), mantendo toda estrutura axiomática do procedimento do *tradeoff* tradicional (Keeney; Raiffa, 1976). No FITradeoff, o decisor é solicitado a comparar as consequências dando declarações de preferências estritas (de Almeida et al., 2016), enquanto, no procedimento por *tradeoff* tradicional, o decisor é obrigado a estabelecer relações de

indiferença, uma vez que é cognitivamente mais difícil para o decisor, levando a uma alta taxa de inconsistências (De Almeida, et al., 2016). Em sua proposta inicial, o método FITradeoff focalizou-se em resolver apenas problemas de decisão multicritério na problemática de escolha. Posteriormente, Frej et al. (2019) e Kang et al. (2020), estenderam o conceito de elicitación flexível, tornando-o apto, também, para resolver problemas de decisão multicritério no contexto das problemáticas de ordenação e de classificação, respectivamente.

Outra família de métodos multicritério bastante conhecida é *Elimination Et Choice Traduisant la REalité* (ELECTRE), desenvolvido por Roy e seus associados no LAMSADE - Universidade Paris Dauphine, (Roy, 1991; Roy, 1996). Essa família de métodos ELECTRE inclui várias variantes, como ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI entre outros, cada um com características específicas para lidar com diferentes tipos de problemáticas (por exemplo, escolha, ordenação, classificação) de decisão multicritério. Eles são especialmente úteis quando os critérios de decisão são qualitativos e envolvem incertezas. Além disso, permitem a classificação das alternativas em categorias de preferência, facilitando a identificação das melhores alternativas (Roy, 1991).

A escolha do método é uma das etapas essenciais no processo de construção do modelo de decisão multicritério. Isso porque os modelos de decisão multicritério são de natureza específicas, e devem, muitas vezes, incorporar a estrutura de preferências do decisor. (Almeida, 2013, p. 39). A estrutura de preferências é utilizada para modelar as preferências do decisor após a análise de um problema, e é uma representação formal de comparações de elementos feitas a partir de relações binárias. As relações binárias são comumente denominadas de Relações de Preferências e podem ser relações de Indiferença, Preferência Estrita, Preferência Fraca, Incompatibilidade, Não Preferências ou Sobreclassificação (Almeida, 2013).

Além da estrutura de preferências, a escolha do método multicritério deve estar em conformidade com a racionalidade do decisor diante do problema. Isso porque se a estrutura escolhida não for compatível com as escolhas do decisor, já se sabe de antemão que há grandes chances do modelo ser inadequado para auxiliar de forma eficaz na tomada de decisão. Em um problema de decisão, o decisor pode adotar uma abordagem compensatória ou não compensatória. Conforme explicado por De Almeida (2013), o enfoque compensatório implica que os valores das alternativas em vários critérios podem se influenciar mutuamente por meio de *trade-offs*, o que significa que um desempenho inferior em um critério pode ser compensado por um desempenho superior em outro critério (Correia et al., 2022). No entanto, se nenhuma interação é permitida entre os critérios, não há espaço para compensação, resultando em um procedimento não compensatório.

Após a definição dos critérios do modelo de decisão, é essencial que o decisor realize uma análise de compensação entre esses critérios (de Almeida, 2013). Assim, o método a ser escolhido para avaliar as alternativas pode ser de caráter compensatório ou não compensatório, desempenhando um papel fundamental na tomada de decisão. Por fim, a escolha do método também deve levar em consideração a natureza específica da problemática associada ao problema de decisão, que pode envolver escolha, ordenação, classificação ou composição de portfólio.

2.3.2 Método PROMETHEE

O método *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE) de Brans e Mareschal (1985) é um método *outranking* de tomada de decisão multicritério baseado em duas etapas: construir a relação de *outranking* e explorar essa relação para apoiar o processo decisório (Morais et al., 2019). Essa abordagem oferece uma estrutura sistemática para avaliar e classificar alternativas em cenários complexos, onde múltiplos critérios devem ser considerados.

De acordo com Brans e Mareschal (1985), o PROMETHEE destaca-se por sua capacidade de considerar tanto critérios quantitativos quanto qualitativos, permitindo aos tomadores de decisão levar em conta várias perspectivas antes de fazer escolhas cruciais. A estrutura do PROMETHEE permite uma análise transparente e de fácil interpretação dos resultados (Silva et al., 2020). Os tomadores de decisão podem visualizar as alternativas sobreclassificadas e compreender como cada critério contribuiu para a classificação final, o que facilita o processo de decisão e torna os resultados mais aceitáveis.

O PROMETHEE apresenta seis formas diferentes para o decisor representar suas preferências. Os critérios são gerais e o decisor deve estabelecer para cada critério um peso p_j que aumenta com a importância do critério. Assim ele pode definir uma função $F(a,b)$ que assume valores entre 0 e 1, onde o resultado zero acontece se a diferença de desempenho ou a vantagem de uma alternativa for igual ou inferior a outra, e um se o valor de uma alternativa em relação a outra aumenta.

Estabelecidas as intensidades de preferências, obtém-se o grau de sobre classificação p (a,b) para cada par de alternativas (a,b), sendo calculado como segue (Vincke, 1992) (Equação 1), no qual $\sum_{i=1}^n p_i = 1$:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b) \quad (1)$$

Na literatura são descritas 5 implementações do método PROMETHEE (Brans; Vinck, 1985; Brans et al., 1986; Brans; Mareschal, 1992; Taleb; Mareschal, 1995):

- PROMETHEE I: Estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas, resultado da interseção entre os fluxos anteriores.
- PROMETHEE II: é um método que produz um processo de agregação aditivo, classificando as alternativas e estabelecendo uma ordem decrescente do fluxo líquido; fazendo uma ordenação completa entre as alternativas.
- PROMETHEE III E IV: Projetado para lidar com problemas de tomada de decisão mais complexos, dando ênfase aos que envolvem um componente estocástico.
- PROMETHEE V: Após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas as restrições contidas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira.
- PROMETHEE VI: Essa implementação é utilizada quando o tomador de decisão não pode ou não pretende determinar com precisão os pesos dos critérios. Assim, ele determina uma faixa de valores possíveis para cada peso em de um valor fixo.

No método PROMETHEE II, que cria um ranking completo das alternativas com base na utilização do fluxo líquido (Almeida, 2013) (Equação 2), no qual $\emptyset^+(a) = \pi(a, b)$ representa a intensidade de preferência da alternativa a sobre todas as alternativas b , no conjunto A . Por outro lado, $\emptyset^-(a) = \pi(b, a)$ representa a intensidade de preferência das outras alternativas sobre a alternativa a .

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (2)$$

O método também tem sido frequentemente comparado com outras técnicas de decisão multicritério, como o Método Electre e o AHP. Em um estudo comparativo, Liu e You (2019) concluíram que o PROMETHEE oferece resultados mais robustos e interpretações mais claras quando o número de alternativas é grande e os critérios são interdependentes.

2.3.3 Aplicações do PROMETHEE

Em um estudo sobre a aplicação do PROMETHEE em gestão de projetos de infraestrutura, Silva et al. (2020) destacam que o método foi utilizado para a seleção de fornecedores e a avaliação de riscos. Os autores enfatizam que a abordagem multicritério do

PROMETHEE permitiu uma análise abrangente e transparente dos critérios envolvidos, facilitando a escolha das melhores alternativas para o projeto.

No contexto financeiro, o PROMETHEE tem sido aplicado para auxiliar na seleção de investimentos e na análise de riscos. Em um estudo de caso realizado por Araújo et al. (2018), o método foi utilizado para avaliar alternativas de investimento em uma empresa de energia elétrica, considerando critérios como retorno financeiro, risco e impacto ambiental.

O PROMETHEE também tem sido amplamente utilizado em estudos de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental. Em uma pesquisa conduzida por Barreto et al. (2019), o método foi aplicado para avaliar o desempenho ambiental de diferentes processos industriais, permitindo uma análise holística que considerou aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Na análise de políticas públicas, Santos et al. (2022) utilizaram o método para avaliar alternativas de políticas de transporte urbano, considerando critérios como impacto ambiental, custo e aceitação pública. Os resultados do estudo demonstraram a utilidade do PROMETHEE na escolha da política mais adequada.

Em conclusão, o Método PROMETHEE é uma abordagem sistemática e eficaz para a tomada de decisão multicritério. Seus passos bem definidos, desde a definição dos critérios até a classificação final das alternativas, proporcionam uma estrutura sólida para enfrentar problemas complexos em diversos contextos, oferecendo transparência e embasamento para a tomada de decisões importantes.

2.3.4 PROMETHEE-ROC

O método PROMETHEE-ROC, proposto por Moraes et al. (2015), é uma extensão do método PROMETHEE que permite resolver problemas em um contexto de informações imprecisas/parciais sobre a importância dos critérios. Ele tem sido aplicado em diversos contextos, como seleção de investimentos, escolha de fornecedores, avaliação de projetos de infraestrutura e análise de políticas públicas (Mardani et al., 2019; Sanchez-Lozano et al., 2020; Santos et al., 2021). O método combina a estrutura *outranking* do PROMETHEE II (Brans; Mareschal, 2002) com o procedimento direto de elicitação de pesos substitutos *Rank-Order Centroid* (ROC) (Barron, 1992).

O método PROMETHEE-ROC tem o objetivo de aplicar maior robustez à construção de problemas de decisão multicritério não compensatórios, cuja principal característica é a solicitar do decisor apenas informações parciais ao invés de completas no processo de elicitação

de preferências (MORAIS et al. 2015). No PROMETHEE-ROC, inicialmente, o decisor é solicitando a expressar suas preferências por meio da ordenação dos objetivos ou critérios do problema de decisão, do mais importante para o menos importante. Com base na ordem estabelecida, o procedimento ROC é executado (Equação 3) para extrair os valores dos pesos substitutos para cada critério,

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{k=j}^n \frac{1}{k} \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

no qual w_j é o peso do critério j , n representa o número total de critérios do problema e k representa a posição dos critérios na ordenação proposta pelo decisor. Em seguida, com a definição dos pesos, estes são integrados ao método PROMETHEE II, o qual permite identificar um ranking das alternativas e fornecer uma recomendação final.

Sendo uma extensão do PROMETHEE, a implementação o PROMETHEE-ROC torna-se mais simples em cenários onde o PROMETHEE já é utilizado e o decisor não é capaz de fornecer os valores dos pesos completo, mas apenas possui informação parcial sobre eles. A incorporação do procedimento do ROC sobre o PROMETHEE não requer alterações significativas na estrutura geral do método, tornando-o acessível a pesquisadores e profissionais que já estão familiarizados com o PROMETHEE tradicional (Krejcar et al., 2016).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo está organizado para apresentar informações sobre a classificação da pesquisa, da empresa estudada e do questionário utilizado, além de procedimentos relacionados ao uso dos métodos PLS-SEM e modelo multicritério PROMETHEE-ROC.

3.1 Caracterização do estudo

Esse trabalho de conclusão de curso é de natureza aplicada, dado que coloca em prática conhecimentos que foram idealizados no campo das ciências básicas. Quanto à forma de abordagem, trata-se de um estudo predominantemente quantitativo, dado que se baseia, em grande parte, na utilização e necessidade de interpretação de valor numéricos. Em relação à profundidade, trata-se de um estudo exploratório e descritivo. Quanto ao aspecto exploratório, esse estudo buscou validar um modelo teórico para expressar a percepção dos trabalhadores. Em relação ao aspecto descritivo, esse estudo buscou elucidar características de uma dada

população em cima de dados de uma amostra.

Já em relação aos procedimentos metodológicos, esse estudo se caracteriza por um *survey*. Assim, um instrumento do tipo questionário foi aplicado a uma grande amostra de trabalhadores com finalidade de se extrair informações. E quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo empírico, pois busca melhorar instrumentos e modelos teóricos já existentes através da implementação de procedimentos matemáticos diversos.

3.2 Empresa

A empresa está presente nos estados da Paraíba, Sergipe, Minas Gerais, Mato Grosso, Espírito Santo, São Paulo, Goiás, Acre e no Distrito Federal, e possui sede em João Pessoa, Paraíba. A empresa é privada e de grande porte, tendo foco em projetos de utilidades, projetos de distribuição de energia e processos produtivos, apresentando também soluções em Tecnologia da Informação. No período da aplicação do questionário a empresa contava com um corpo técnico de aproximadamente 850 colaboradores, dos quais 485 contribuíram com a pesquisa. Em 2017, a empresa implantou na sua atividade o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e o Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO); e em 2020, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Dos 3 sistemas, apenas o OHSMS obteve a certificação em abril de 2021. Os demais, até a data de conclusão da pesquisa, ainda estavam em processo de aprimoramento para obtenção das certificações. A fim de fazer uma avaliação sobre a efetividade do SIG dentro da organização foi elaborado um questionário para captar a percepção dos trabalhadores sobre os impactos do SGI no desempenho organizacional da empresa.

3.3 Questionário

O instrumento de avaliação utilizado (Quadro 2) foi um questionário idealizado por Barbosa et al. (2021). O instrumento foi idealizado para captar a percepção dos trabalhadores sobre os SIG.

Quadro 2 – Itens aplicados aos trabalhadores

Itens ou Questões aplicadas
1. Na sua percepção, há um compromisso da organização com a melhoria da qualidade dos produtos, serviços e processos visível no trabalho diário, valorizando a imagem da empresa?
2. Na sua percepção, há um processo de conscientização para a qualidade desenvolvido pela organização conhecido por todos os envolvidos, satisfazendo as partes interessadas?
3. Na sua percepção, a organização utiliza procedimentos para corrigir possíveis problemas nos bens, nos serviços e/ou nos processos de trabalho, melhorando o desempenho operacional e aumentando a competitividade da empresa?

4. Na sua percepção, há uma política de redução dos custos organizacionais na empresa?
5. Na sua percepção, para tomar decisões, a organização busca todas as informações disponíveis para não cometer falha, controlando os riscos de negócio?
6. Na sua percepção, a organização otimiza os treinamentos adequando-os as necessidades dos colaboradores para qualificar a mão de obra?
7. Na sua percepção, há uma gestão padronizada na organização, visando a redução de atividades redundantes e da burocracia?
8. Na sua percepção, há uma otimização do tempo para garantir a qualidade dos bens/serviços oferecidos?
9. Na sua percepção, há um planejamento estratégico na organização?
10. Na sua percepção, a administração da sua organização (diretores, gerentes, supervisores e outros cargos de chefia) demonstra compromisso com a qualidade em suas decisões?
11. Na sua percepção, há auditorias (internas ou externas) na organização?
12. Na sua percepção, há uma boa comunicação dentro da organização?
13. Na sua percepção, há uma otimização da estrutura física da organização?
14. Na sua percepção, há uma cultura de desenvolvimento sustentável formalmente inserido na estratégia da organização?
15. Na sua percepção, há um compromisso da organização com a responsabilidade social?
16. Na sua percepção, há uma política organizacional estruturada de educação ambiental?
17. Na sua percepção, a organização contribui, de forma proativa, para a proteção ambiental e a melhoria do ambiente laboral?
18. Na sua percepção, a organização considera a adaptação às mudanças climáticas na concepção de seus empreendimentos, processos, produtos e serviços?
19. Na sua percepção, a organização se preocupa com a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados?
20. Na sua percepção, a organização se preocupa com sua saúde e segurança?
21. Na sua percepção, a organização proporciona qualidade de vida no ambiente laboral, aumentando a satisfação do colaborador?
22. Na sua percepção, a organização oferece medidas preventivas para evitar acidentes do trabalho?
23. Na sua percepção, o ambiente laboral na sua organização é salubre (saudável)?
24. Na sua percepção, há qualidade de vida no ambiente de trabalho?
25. Na sua percepção, você está satisfeito com sua jornada de trabalho?

Fonte: Barbosa et al. (2021)

O questionário é composto por 25 questões, sendo as 13 primeiras referentes a SGQ, as 6 seguintes referentes a SGA, e as 6 últimas referentes a OHSMS. Tal instrumento tem por finalidade verificar se os trabalhadores percebem de forma clara os benefícios que cada sistema de gestão trazia a empresa.

Os trabalhadores responderam as perguntas de acordo com sua percepção pessoal sobre cada item utilizando uma escala do tipo Likert com 5 opções de resposta: 1 = nunca; 2 = algumas vezes; 3 = algumas vezes; 4 = frequentemente; e 5 = sempre.

A coleta de dados feita através de questionário e foi realizada no período entre o final de outubro e o início de dezembro de 2020, com aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (CAAE: 37320620.8.0000.5185).

3.4 PLS-SEM

A mensuração dos fatores relacionados a percepção dos trabalhadores sobre os sistemas integrados de gestão foi analisada através de um modelo PLS-SEM, construído com auxílio do software Smart-PLS 4 (Ringle et al., 2022). Foram observados pressupostos relevantes para utilização do PLS-SEM como tamanho da amostra, ausência de multicolinearidade e ausência de erros de especificação (Hair et al., 2021).

A amostra foi calculada pelo método da raiz quadrada inversa, método gama-exponencial (Kock; Hadaya, 2018) e pelo *10-times rule method* (Hair et al., 2021). Já a multicolinearidade foi testada pelo variance inflation fator (VIF), no qual valores maiores que 5 indicam multicolinearidade (Hair et al., 2017). Já erros de especificidade no modelo foram considerados quando houvesse relações inversas não esperadas entre os coeficientes (Whittaker; Schumacker, 2022).

A confiabilidade dos dados foi testada com base na confiabilidade composta (CR), alfa de Cronbach e Rho A. Existem indícios de confiabilidade quando os valores desses testes são maiores que 0,700 para os fatores (Hair et al., 2021a). A validade convergente e a validade discriminante foram testadas através do *average variance extracted* (AVE) e do teste de Fornell e Larcker, respectivamente. Valores de AVE maiores que 0,500 indicam validade convergente (Henseler, 2020). Já os valores da raiz quadrada do AVE (presentes na diagonal da tabela do teste de Fornell e Larcker) quando são maiores que os valores da correlação entre quaisquer outros traços latentes indicam validade discriminante (Fornell; Larcker, 1981). Já a análise de cross-loadings foi utilizada para testes a validade no nível dos itens. Espera-se que os valores das cargas nos itens sejam maiores na sua respectiva dimensão e menor fora dela (Hair et al., 2014).

4 ANÁLISES E RESULTADOS

Esse capítulo está organizado para apresentar os principais resultados dessa pesquisa, com destaque às análises do PLS-SEM e modelo multicritério PROMETHEE-ROC.

4.1 Resultados sobre PLS-SEM

Inicialmente buscou assegurar que o tamanho da amostra era suficiente para realizar essa pesquisa. O tamanho da amostra estimada pelo método da raiz quadrada inversa e o método gama-exponencial foi igual a 10 e 4 respondentes, respectivamente. Pelo *10-times rule method* a amostra mínima deve ser de 90 respondentes. Portanto, a amostra de 485 trabalhadores atende os pressupostos para uso do PLS-SEM. A Tabela 1 apresenta o resultado do PLS-SEM.

Tabela 1 – Resultados das relações oriundas do PLS-SEM

Sistemas	Modelo 1						Modelo 2					
	B	alpha	rhoA	CR	AVE	VIF	B	alpha	rhoA	CR	AVE	VIF
SGQ												
Q1	0,758	0,937	0,940	0,945	0,573	2,612	0,780	0,922	0,923	0,935	0,617	2,587
Q2	0,746					2,351	0,746					2,351
Q3	0,788					2,544	0,806					2,422
Q4	0,505					1,314	-					
Q5	0,789					2,387	0,791					2,196
Q6	0,794					2,488	0,817					2,465
Q7	0,799					2,612	0,807					2,513
Q8	0,810					2,758	0,817					2,578
Q9	0,826					2,823	-					
Q10	0,773					2,217	0,771					2,005
Q11	0,717					2,059	0,709					1,774
Q12	0,763					2,338	-					
Q13	0,720					1,817	-					
SGA												
Q14	0,825	0,924	0,925	0,941	0,726	2,283	0,825	0,924	0,925	0,941	0,726	2,283
Q15	0,830					2,289	0,830					2,289
Q16	0,862					3,042	0,862					3,042
Q17	0,895					3,699	0,895					3,699
Q18	0,841					2,479	0,841					2,479
Q19	0,859					2,729	0,859					2,729
SGSSO												
Q20	0,848	0,909	0,913	0,930	0,689	3,033	0,848	0,888	0,894	0,919	0,694	2,714
Q21	0,853					2,629	-					
Q22	0,851					2,798	0,851					2,724
Q23	0,853					2,863	0,853					2,614
Q24	0,882					3,210	0,882					3,033
Q25	0,722					1,683	0,722					1,661
SGI												
SGQ	0,954	0,964	0,966	0,967	0,542	-	0,933	0,957	0,958	0,961	0,554	-
SGA	0,880					-	0,892					-
SGSSO	0,909					-	0,897					-

Fonte: Elaboração Própria.

Não foram observados valores de VIF maiores que 5, nem relações inversas no modelo, indicando ausência de multicolinearidade e erros de especificidade no modelo. Portanto, foram atendidos os pressupostos para uso do PLS-SEM.

Também pode-se observar que os valores dos coeficientes (β), além dos valores da CR, alfa de Cronbach (alpha), Rho de A (rhoA) e AVE. Todos os valores β foram superiores a 0,500 para os fatores do modelo 1. Contudo, alguns itens (Q4, Q9, Q12, Q13 e Q21) foram excluídos por estarem comprometendo a validade discriminante, ou seja, contribuindo para que os valores da raiz quadrada do AVE (diagonal da Tabela 2) não fossem maiores que os valores da correlação entre quaisquer outros traços latentes (Fornell; Larcker, 1981).

O modelo 2 foi então testado. Os valores de β continuaram maiores que 0,500. Também apresentaram bons valores a CR, o alfa de Cronbach e o Rho de A, sendo todos superiores a

0,700, indicando confiabilidade nos dados para ambos os modelos. A validade convergente foi assegurada, pois os valores de AVE foram superiores a 0,500 para todas os fatores.

A Tabela 2 apresenta o resultado do teste de Fornell e Larcker para os modelos 1 e 2. Portanto, como já comentado, o modelo 1 apresentou problemas de validade discriminante. E alguns itens foram excluídos. Os itens excluídos tratam da redução de custos (Q4), existência de planejamento estratégico (Q9), boa comunicação (Q12) e otimização da estrutura física (Q13) que na percepção do trabalhador pode não ter relação direta com a gestão da qualidade; e de como a empresa proporciona qualidade de vida e satisfação para os colaboradores (Q21), algo que envolve aspectos que não só laborais, mas da vida cotidiana, familiar, saúde e expectativas de futuro.

Após a exclusão dos itens os problemas de validade discriminante foram resolvidos (Modelo 2). Autores, como Hair et al. (2014), recomendam a exclusão de itens em situações no qual existam problemas que possam comprometer dos parâmetros dos testes.

Tabela 2 – Avaliação da validade discriminante

Sistemas	Modelo 1			Modelo 2		
	SGA	SGQ	SGSSO	SGA	SGQ	SGSSO
SGA	0,852			0,852		
SGQ	0,743	0,757		0,720	0,785	
SGSSO	0,740	0,804	0,830	0,729	0,769	0,833

Fonte: Elaboração Própria.

Nenhum problema foi observado no teste de *cross-loading*, com itens apresentando carga fatorial mais elevada na sua respectiva dimensão, indicando validade convergente e discriminantes no nível dos itens (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultado do teste de *cross-loading*

Itens	Modelo 2		
	SGQ	SGA	SGSSO
Q1	0,780	0,501	0,581
Q2	0,764	0,546	0,587
Q3	0,806	0,561	0,594
Q5	0,791	0,562	0,542
Q6	0,817	0,579	0,605
Q7	0,807	0,618	0,595
Q8	0,817	0,599	0,659
Q10	0,771	0,544	0,700
Q11	0,709	0,574	0,568
Q14	0,623	0,825	0,580

Q15	0,629	0,830	0,647
Q16	0,584	0,862	0,602
Q17	0,613	0,895	0,672
Q18	0,648	0,841	0,625
Q19	0,581	0,859	0,596
Q20	0,649	0,653	0,848
Q22	0,635	0,672	0,851
Q23	0,623	0,590	0,853
Q24	0,701	0,649	0,882
Q25	0,595	0,448	0,722

Fonte: Elaboração Própria.

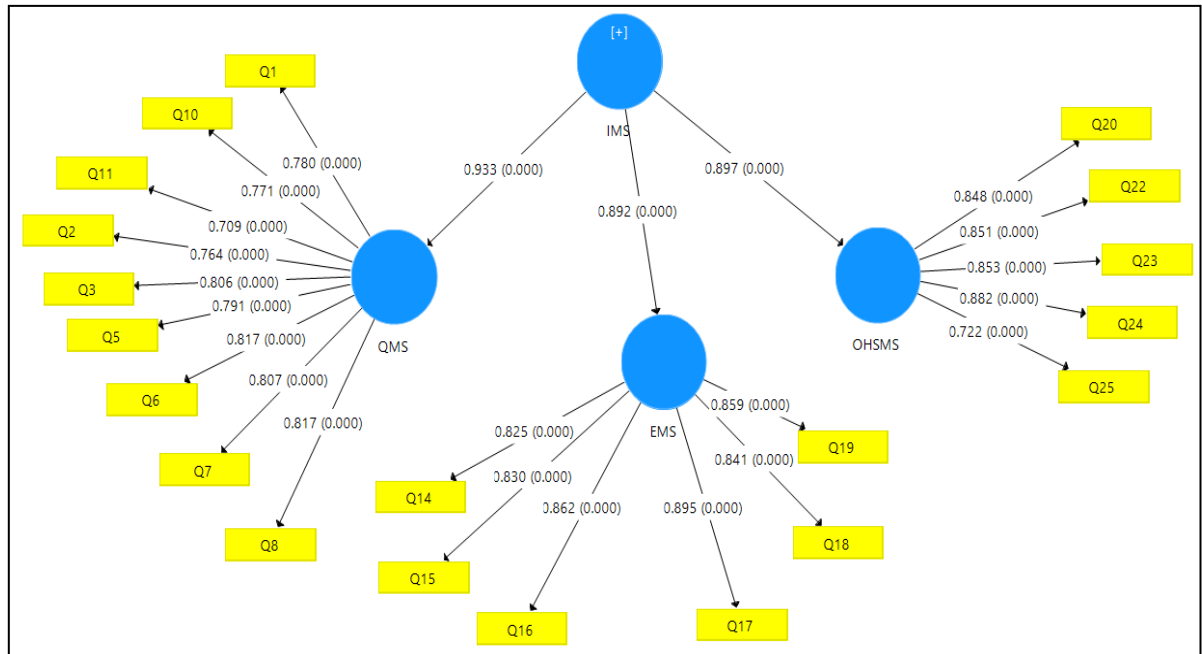
Por fim, os fatores de primeira ordem (SGQ, SGA, SGSSO), de modo reflexivo, geraram o escore para a percepção dos trabalhadores do SIG (variável de segunda ordem) com relações significativas (Tabela 4). Além de relações significativas ($\beta > 0,500$; $p\text{-value} < 0,005$) (Figura 1), o poder de explicação das variáveis de primeira ordem foi considerado substancial ($R^2 > 0,700$). Portanto, considera-se que o modelo de mensuração tem propriedades psicométricas satisfatórias para medir a percepção dos trabalhadores quanto ao SGQ, SGA, SGSSO e SIG.

Tabela 4 – Resultados do modelo estrutural

Caminhos	<i>B</i>	Desvio-padrão	<i>t-value</i>	<i>p-value</i>	R^2
SIG -> SGA	0,892	0,012	71,877	0,000	0,871
SIG -> SGQ	0,933	0,009	102,529	0,000	0,796
SIG -> SGSSO	0,897	0,012	77,330	0,000	0,805

Fonte: Elaboração Própria

Figura 1 – Modelo teórico validado



Fonte: Elaboração Própria.

4.2 Análise sobre os resultados do PLS-SEM

Os resultados obtidos a partir da análise do PLS-SEM revelam informações cruciais sobre a validade e confiabilidade do modelo de mensuração utilizado para avaliar a percepção dos trabalhadores em relação ao Sistema de Gestão Integrado (SGI), composto pelos Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ), Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) na empresa.

Primeiramente, a análise dos pressupostos para o uso do PLS-SEM indica que a amostra atende aos requisitos necessários, com o tamanho amostral superando as estimativas de diferentes métodos. A ausência de valores de Variance Inflation Factor (VIF) maiores que 5 e a inexistência de relações inversas no modelo indicam a ausência de multicolinearidade e erros de especificidade, reforçando a robustez do modelo.

Os coeficientes (β) do PLS-SEM demonstram a significância dos caminhos para medir os fatores, com valores superiores a 0,500 em ambos os modelos (com todos os itens e com itens excluídos). Isso sugere a presença de caminhos confiáveis e significativos para mensurar a percepção dos trabalhadores em relação ao SGI. Além disso, a confiabilidade dos dados é respaldada pelos valores elevados de coeficientes de confiabilidade (CR), alfa de Cronbach e Rho A, todos superiores a 0,700.

No entanto, a identificação de problemas de validade discriminante no modelo 1 levou à exclusão de alguns itens, resultando no modelo 2. Essa abordagem é respaldada por autores

como Hair et al. (2014), que recomendam a exclusão de itens em situações que possam comprometer os parâmetros dos testes. A resolução dos problemas de validade discriminante no modelo 2 reforça a consistência e robustez do modelo, garantindo que os construtos medidos sejam distintos entre si.

Os resultados dos testes de Fornell e Larcker, juntamente com a ausência de problemas no teste de cross-loading, fortalecem a validade convergente e discriminante no nível dos itens, contribuindo para a confiabilidade e validade geral do modelo.

Por fim, a análise dos fatores de primeira ordem (SGQ, SGA, SGSSO) reflexivamente gerando o escore para o SGI, com relações significativas e substancial poder de explicação ($R^2 > 0,700$), valida a estrutura de mensuração do modelo. Isso sugere que o modelo tem propriedades psicométricas satisfatórias para captar a percepção dos trabalhadores quanto aos sistemas de gestão individuais e ao SGI como um todo.

Em síntese, os resultados do PLS-SEM indicam que o modelo proposto é robusto, confiável e válido para medir a percepção dos trabalhadores em relação ao Sistema de Gestão Integrado na empresa. Esses *insights* são essenciais para aprimorar estratégias organizacionais, identificar áreas de melhoria e fortalecer a implementação efetiva dos sistemas de gestão.

4.3 Resultados sobre o modelo de decisão multicritério (MCDM) para ranquear os fatores do SGI

As etapas do MCDM foram aqui separadas em função da definição do tomador de decisão, da estruturação dos objetivos e critérios, do estabelecimento do conjunto de itens (fatores) do SGI e do ranking dos critérios para computação dos pesos, avaliação dos itens críticos ao SGI e as recomendações finais com base nos achados do MCDM.

4.3.1 Definição do tomador de decisão

Neste caso específico, o decisor do problema é um profissional especializado em ergonomia e segurança do trabalho, detentor de experiência em sistemas de gestão integrados, sendo designado para representar o processo de tomada de decisão. O decisor está intimamente envolvido no problema decisório, possuindo conhecimento dos processos internos da organização, assim como das atividades relacionadas aos sistemas de gestão em SGSSO, SGQ e SGA. Essa expertise confere ao processo de decisão uma maior flexibilidade e robustez, uma

vez que contribui significativamente para a coleta de informações e avaliação das recomendações.

4.3.2 Estruturação dos objetivos e critérios

A estruturação dos objetivos e critérios para o problema de decisão foi solidamente fundamentada nas três perspectivas que constituem um SGI, resultando na definição de três objetivos essenciais para esta tomada de decisão. Conforme destacado na seção 4.1, o modelo PLS-SEM identificou três construtos principais que formam um SGI, os quais foram empregados neste contexto como critérios para quantificar os objetivos do problema. Essa abordagem possibilita a avaliação dos elementos que compõem um SGI, contribuindo para uma análise mais abrangente e precisa.

A Tabela 5 apresenta de maneira organizada os objetivos fundamentais e critérios que mensuram tais objetivos, incluindo o código correspondente. Além disso, é indicado se o critério é para ser maximizado ou minimizado, assim, como a unidade da escala de medida associada a cada critério.

Tabela 5 – Objetivos e critérios

Objetivos fundamentais	Critério (constructos)	Código	Min/Max	Unidade/escala
1 – Garantir requisitos de qualidade para às expectativas dos clientes	Qualidade	SGQ	Max	Padronizada
2 – controlar os impactos ambientais	Ambiental	SGA	Max	Padronizada
3 – minimizar os riscos no ambiente de trabalho	Saúde e Segurança Ocupacional	SGSSO	Max	Padronizada

Fonte: Elaboração Própria.

4.3.3 Estabelecimento do conjunto de itens do SGI

O conjunto de alternativas do problema de decisão foi formulado a partir dos itens do segundo modelo da análise PLS-SEM que conduziu a identificação e confirmação de vinte itens

que abrangem um sistema SGI, distribuídos nas três perspectivas: ambiental, qualidade e saúde e segurança ocupacional. Os nomes e códigos de cada item são apresentados no Tabela 6.

Para construir a matriz de decisão/consequências, as cargas fatoriais provenientes do método de *cross-loading* foram utilizadas, possibilitando a avaliação do desempenho de cada um dos vinte itens em relação aos três critérios (Tabela 6) apresentados na subseção anterior.

Tabela 6 – Conjunto de alternativas do problema de decisão e matriz de consequência

Alternativa	Código	SGQ	SGA	SGSSO
Q1 - Compromisso da organização com a melhoria da qualidade dos produtos, serviços e processos visível no trabalho diário, valorizando a imagem da empresa	Q1	0,780	0,501	0,581
Q2 - Processo de conscientização para a qualidade desenvolvido pela organização conhecido por todos os envolvidos, satisfazendo as partes interessadas	Q2	0,764	0,546	0,587
Q3 - Organização utiliza procedimentos para corrigir possíveis problemas nos bens, nos serviços e/ou nos processos de trabalho, melhorando o desempenho operacional e aumentando a competitividade da empresa	Q3	0,806	0,561	0,594
Q5 - Para tomar decisões, a organização busca todas as informações disponíveis para não cometer falha, controlando os riscos de negócio	Q5	0,791	0,562	0,542
Q6 - Organização otimiza os treinamentos adequando-os as necessidades dos colaboradores para qualificar a mão de obra	Q6	0,817	0,579	0,605
Q7 - Gestão padronizada na organização, visando a redução de atividades redundantes e da burocracia	Q7	0,807	0,618	0,595
Q8 - Otimização do tempo para garantir a qualidade dos bens/serviços oferecidos	Q8	0,817	0,599	0,659
Q10 - Administração da sua organização (diretores, gerentes, supervisores e outros cargos de chefia) demonstra compromisso com a qualidade em suas decisões	Q10	0,771	0,544	0,700
Q11 - Auditorias (internas ou externas) na organização	Q11	0,709	0,574	0,568
Q14 - Cultura de desenvolvimento sustentável formalmente inserido na estratégia da organização	Q14	0,623	0,825	0,580
Q15 - Compromisso da organização com a responsabilidade social	Q15	0,629	0,830	0,647
Q16 - Política organizacional estruturada de educação ambiental	Q16	0,584	0,862	0,602
Q17 - Organização contribui, de forma proativa, para a proteção ambiental e a melhoria do ambiente laboral	Q17	0,613	0,895	0,672
Q18 - Organização considera a adaptação às mudanças climáticas na concepção de seus empreendimentos, processos, produtos e serviços	Q18	0,648	0,841	0,625
Q19 - Organização se preocupa com a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados	Q19	0,581	0,859	0,596
Q20 - Organização se preocupa com sua saúde e segurança	Q20	0,649	0,653	0,848
Q22 - Organização oferece medidas preventivas para evitar acidentes do trabalho	Q22	0,635	0,672	0,851
Q23 - Ambiente laboral na sua organização é salubre (saudável)	Q23	0,623	0,590	0,853
Q24 - Qualidade de vida no ambiente de trabalho	Q24	0,701	0,649	0,882
Q25 - Está satisfeito com sua jornada de trabalho	Q25	0,595	0,448	0,722

Em relação a racionalidade do problema, o decisor julgou como não compensatória. Segundo o decisor, isso é justificado pela razão que não seria possível compensar, por exemplo, um baixo desempenho no critério SGA para obter um maior desempenho no critério SGSSO para avaliar um item; ou ainda, um baixo desempenho no critério SGSSO para obter um melhor desempenho no critério SGQ. Já em relação à estrutura de preferências do decisor, este considerou que a avaliação dos itens pode ser fundamentada em uma estrutura de relações de

preferência estrita e de indiferença. Ou seja, ele consegue avaliar as alternativas, permitindo comparações entre elas e identificando itens mais críticos e outros indiferentes.

Por fim, no que diz respeito à natureza do problema, o decisor definiu a problemática como sendo de ordenação, buscando assim construir um ranking dos itens. Isso permitirá a realização de intervenções futuras nos itens que ocupam as posições mais desfavoráveis no ranking, identificados como críticos com base na percepção dos trabalhadores.

Portanto, conforme a modelagem das preferências do decisor, estas satisfazem os critérios estabelecidos para a aplicação do método PROMETHEE-ROC (Morais et al., 2015). Os resultados dessa aplicação são apresentados a seguir.

4.3.4 Estabelecimento do ranking dos critérios e computação dos pesos dos critérios

A primeira etapa no PROMETHEE-ROC consiste em estabelecer a ordenação dos critérios. O decisor é solicitado a ordenar os critérios, priorizando do mais importante ao menos importante com base em suas preferências. Nesta etapa, o decisor deve refletir sobre cada critério para determinar a posição de cada um, considerando o grau de importância para a resolução do problema.

Para suporte nesta etapa, o decisor tomou como base os resultados dos valores dos *betas* de cada critério do modelo PLS-SEM (constructos resultantes). O mesmo, ordenou, então, os critérios, levando em consideração a ordem do maior para o menor. A Tabela 7 exhibe a ordem dos critérios estabelecidos para o cálculo dos pesos baseado nos *effects direct* e a função de preferência, sendo todas funções de preferência usual. No método PROMETHEE, essa função indica que qualquer diferença entre desempenhos alternativos representa uma preferência estrita (Morais et al., 2015). Essa etapa de ordenação dos critérios e estabelecimento dos pesos dos critérios, assim como a avaliação os itens do SGI foram apoiados por um sistema de apoio à decisão do PROMETHEE-ROC.

Tabela 7 – Matriz de consequências II

Critério	Ordem	<i>Direct Effect</i> (resultante do PLS-SEM)	Função de preferência
SGQ	1º	0,933	Preferência usual
SGA	3º	0,892	Preferência usual
SGSSO	2º	0,897	Preferência usual

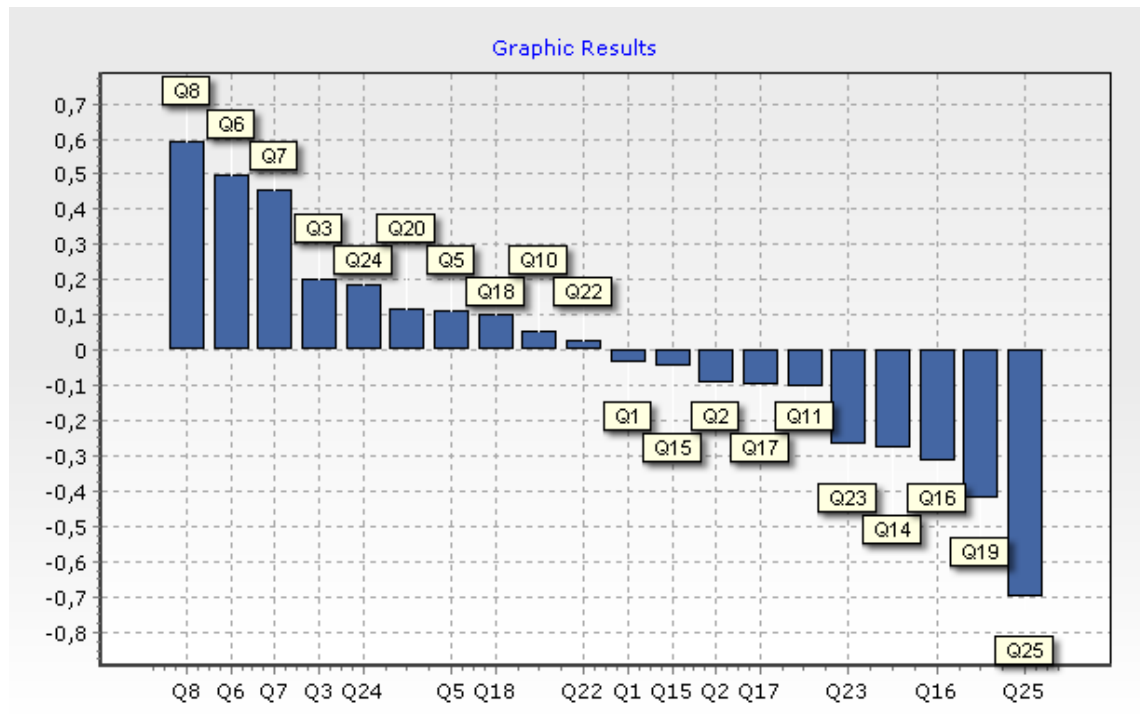
4.3.5 Avaliação dos itens críticos ao SGI

Essa etapa compreende a última fase do método PROMETHEE-ROC, que envolve o cálculo dos fluxos positivos, negativos e líquidos do PROMETHEE II, resultando na ordenação das alternativas em uma ordem decrescente. O ranking final dos itens do sistema SGI, apresentado do melhor para o pior (Tabela 8). Adicionalmente, o ranking final pode ser também visualizado através da Figura 2, reportada pelo sistema de apoio à decisão do PROMETHEE-ROC.

Tabela 8 – Ranking final dos itens do sistema SGI

Ordem	Fluxo positivo	Fluxo negativo	Fluxo líquido
Q8	0,78000	0,18789	0,59211
Q6	0,73316	0,23474	0,49842
Q7	0,72789	0,27211	0,45579
Q3	0,60158	0,39842	0,20316
Q24	0,59316	0,40684	0,18632
Q20	0,55842	0,44158	0,11684
Q5	0,55526	0,44474	0,11053
Q18	0,55053	0,44947	0,10105
Q10	0,52789	0,47211	0,05579
Q22	0,51474	0,48526	0,02947
Q1	0,48158	0,51842	-0,03684
Q15	0,47737	0,52263	-0,04526
Q2	0,45263	0,54737	-0,09474
Q17	0,45158	0,54842	-0,09684
Q11	0,44737	0,55263	-0,10526
Q23	0,35053	0,61737	-0,26684
Q14	0,34632	0,62158	-0,27526
Q16	0,34368	0,65632	-0,31263
Q19	0,29105	0,70895	-0,41789
Q25	0,15105	0,84895	-0,69789

Figura 2 – Ranking final dos itens do sistema SGI



4.3.6 Recomendação final

Com base no ranking fornecido na Tabela 8, as ações intervencionistas a serem priorizadas devem concentrar-se nos itens que ocuparam as posições mais baixas. Portanto, as intervenções devem ser realizadas sequencialmente, começando pelo item Q25 (relacionado a satisfação com a jornada de trabalho), que é o fator menos percebido pelos trabalhadores, progredindo até o Q8 (relacionado a otimização de tempo para garantir a qualidade) que foi o fator mais facilmente percebido pelos trabalhadores. Por exemplo, os itens Q25, Q19, Q16, Q14 e Q23 ocuparam as cinco posições mais desvantajosas, sendo considerados os mais críticos e, como tal, merecendo prioridade na implementação de ações.

Desse modo aspectos relacionados a satisfação com a jornada de trabalho (Q25), redução dos resíduos sólidos (Q19), estruturação de política para educação ambiental (Q16), cultura de desenvolvimento sustentável presente na estratégia da empresa (Q14) e ambiente salubre de trabalho (Q23) devem ser priorizados pela empresa em busca de uma maior percepção dos trabalhadores sobre o SGI.

5 DISCUSSÕES

5.1 Discussões sobre PLS-SEM

A análise dos resultados obtidos a partir do PLS-SEM revelou informações cruciais sobre a validade e confiabilidade do modelo de mensuração utilizado para avaliar a percepção dos trabalhadores em relação ao Sistema de Gestão Integrado (SGI) na empresa estudada.

Devido a identificação de problemas de validade discriminante no modelo 1 foi necessário a exclusão de alguns itens do questionário para que não comprometesse os parâmetros do teste, resultando em um modelo 2 que garantiu que os construtos medidos eram distintos reforçando a robustez e efetividade do modelo.

Os coeficientes do PLS-SEM mostraram a significância dos caminhos para medir os fatores, sugerindo a presença de caminhos confiáveis e significativos para mensurar a percepção dos trabalhadores em relação ao SGI. Além disso, os valores elevados de coeficientes de confiabilidade, alfa de Cronbach e Rho de A respaldam a confiabilidade dos dados.

O método PROMETHEE combinado com o procedimento de elicitação de pesos Rank Order Centroid (PROMETHEE-ROC) oferece várias vantagens significativas na análise multidimensional. Podemos começar destacando a simplicidade e facilidade de compreensão do método, facilitando a comunicação dos resultados aos tomadores de decisão. Assim, ele oferece um método intuitivo e simples para a determinação dos pesos, que é compreensível para os usuários não familiarizados com técnicas mais complexas de elicitação de pesos.

Os outputs gerados pelo PLS-SEM desempenham um papel crucial nesse processo, oferecendo insights detalhados sobre as relações causais entre variáveis latentes, o que auxilia significativamente o decisor na elicitação de preferências. O PLS-SEM identifica e mensura as conexões entre os diferentes elementos do SGI, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões informadas.

Essa capacidade de modelar relações complexas, combinada com a simplicidade do PROMETHEE-ROC na classificação das alternativas, resulta em um processo decisório mais eficiente e menos oneroso cognitivamente, o que o torna a combinação uma abordagem poderosa e versátil para a análise multicritério, oferecendo simplicidade, flexibilidade e robustez que é altamente valorizada na tomada de decisão organizacional.

O método PROMETHEE-ROC foi utilizado em vários estudos para classificar itens em análises multidimensionais, demonstrando sua eficácia e versatilidade. Um exemplo notável foi a avaliação dos impactos sociais das biorrefinarias no sul da Bahia, Brasil. Este estudo integrou

PROMETHEE-ROC com MCDA para avaliar tecnologias para a produção de bioativos, mostrando sua utilidade em processos de decisão complexos envolvendo múltiplos critérios. Nesse caso, foi realizada apenas uma avaliação de cada tecnologia, e não foi feito um ranking para auxiliar na tomada de decisão em qual melhor método utilizar.

Outra aplicação envolveu a avaliação da prontidão tecnológica para geração de energia na matriz energética brasileira. Este estudo destacou a força do PROMETHEE-ROC em priorizar tecnologias críticas, combinando pesos substitutos com o método PROMETHEE II. As conclusões confirmaram a adequação do método para avaliações estratégicas, enfatizando sua robustez e confiabilidade na avaliação de tecnologias.

Um terceiro caso focou na gestão de processos empresariais, onde o PROMETHEE-ROC foi empregado para classificar melhorias de processos com base em múltiplos critérios. O estudo ressaltou a eficácia do método em fornecer classificações claras e acionáveis, facilitando uma melhor tomada de decisão na gestão empresarial.

Coletivamente, esses estudos demonstram a versatilidade do PROMETHEE-ROC em diversos domínios, desde avaliações de impactos ambientais até avaliações de prontidão tecnológica e gestão de processos empresariais. Sua capacidade de lidar com dados multidimensionais complexos e fornecer classificações claras e minimizadas de conflitos o torna uma ferramenta valiosa para os tomadores de decisão em diferentes campos.

Portanto, a principal vantagem dessa integração entre os métodos utilizados é a capacidade de explorar relações causais entre variáveis latentes (através do PLS-SEM), enquanto o método PROMETHEE-ROC facilita a priorização e a classificação de alternativas ou critérios de decisão. A utilização do PROMETHEE-ROC se destaca pela simplicidade de sua implementação e pela clareza na entrega de resultados, essa facilidade de uso é um ponto forte em cenários onde a complexidade do problema pode ser uma barreira para a aplicação de métodos mais sofisticados.

Além disso, o PROMETHEE-ROC oferece a vantagem de incorporar a subjetividade do tomador de decisão no processo, o que pode melhorar a relevância e a aplicabilidade dos resultados em situações reais. Assim ele permite a obtenção de rankings robustos e ponderações que refletem as preferências do tomador de decisões de maneira intuitiva, sem a necessidade de conhecimento profundo.

No entanto, há também algumas desvantagens na combinação desses métodos. A complexidade da modelagem PLS-SEM, apesar de sua flexibilidade, pode demandar um entendimento aprofundado para evitar problemas como viés de especificação ou interpretações errôneas dos resultados. Além disso, a combinação com o PROMETHEE-ROC pode introduzir

um nível adicional de subjetividade, que, se não for bem controlado, pode comprometer a objetividade e a replicabilidade dos resultados.

Outra desvantagem potencial é a necessidade de software especializado e a complexidade computacional envolvida, que pode ser um desafio para aqueles sem acesso a ferramentas avançadas ou conhecimento técnico adequado.

Em resumo, a combinação da análise PLS-SEM com o método PROMETHEE-ROC oferece uma abordagem poderosa para a análise de modelos estruturais e a tomada de decisões multicritério, com vantagens claras em termos de flexibilidade, precisão e facilidade de uso. No entanto, é essencial que os usuários estejam cientes das desvantagens potenciais e que tomem medidas para mitigar os riscos associados à subjetividade e à complexidade computacional.

5.2 Discussões sobre PROMETHEE-ROC

A aplicação do método PROMETHEE-ROC permitiu calcular os pesos dos critérios e avaliar os itens do Sistema de Gestão Integrado (SGI), com suporte de um sistema de apoio à decisão. O cálculo dos fluxos positivos, negativos e líquidos resultou na ordenação das alternativas em uma ordem decrescente. Com base nessa ordenação, as ações intervencionistas devem focar nos itens que ocuparam as posições mais baixas, indicando áreas críticas que requerem prioridade na implementação de ações. Portanto, as intervenções devem ser realizadas sequencialmente, começando pelo item Q25 e progredindo até o Q8, considerando os itens Q25, Q19, Q16, Q14 e Q23 como os mais críticos e prioritários para a implementação de ações.

O uso combinado do método PROMETHEE-ROC e da análise PLS-SEM no processo decisório de avaliação de Sistemas de Gestão Integrado (SGI) apresenta uma abordagem inovadora que simplifica e estrutura a tomada de decisões complexas.

Uma das principais vantagens dessa combinação é a facilidade proporcionada pelo método PROMETHEE-ROC, que exige menos esforço cognitivo por parte do decisor. Isso ocorre porque o PROMETHEE-ROC utiliza uma abordagem de outranking que, juntamente com a técnica de Ranking Order Centroid (ROC), permite uma priorização intuitiva e clara dos itens avaliados, reduzindo a necessidade de envolvimento profundo em cálculos matemáticos ou estatísticos complexos.

O modelo de avaliação, ao seguir uma sequência bem definida de etapas, oferece uma estrutura clara e consistente para o processo de decisão. Isso não só dá suporte ao decisor ao

longo das diferentes fases da análise, como também garante que o processo seja transparente e replicável.

A estruturação do processo de decisão é fundamental para empresas que buscam avaliar itens de um SGI ou quaisquer outros itens de natureza complexa, pois permite uma identificação precisa de áreas que requerem intervenção, especialmente aquelas que se posicionam desfavoravelmente no ranking estabelecido.

Além disso, o modelo proposto pode servir de guia para outras organizações interessadas em avaliar e otimizar seus sistemas de gestão. Ao identificar os itens que apresentam maiores dificuldades ou que ocupam posições desvantajosas no ranking, as empresas podem direcionar seus esforços de melhoria para áreas críticas, garantindo uma maior eficácia e sustentabilidade do SGI.

Dessa forma, a utilização do PROMETHEE-ROC com o PLS-SEM não só simplifica o processo decisório, mas também proporciona um caminho estruturado e orientado por dados para intervenções estratégicas, beneficiando empresas que buscam se destacar em práticas de gestão integrada.

5.3 Ações estratégicas que podem ser utilizadas nos pontos críticos

Para resolver a insatisfação dos trabalhadores com relação a jornada de trabalho, ponto crítico da questão 25, a organização pode implementar algumas medidas estratégicas de acordo com a ISO 45001 listadas a seguir:

1. **Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos:** Realizar uma avaliação abrangente dos riscos relacionados à jornada de trabalho para identificar possíveis fontes de insatisfação e implementar medidas preventivas e corretivas.
2. **Participação dos Trabalhadores:** Envolver os trabalhadores na identificação de problemas e na busca por soluções relacionadas à jornada de trabalho, estabelecendo canais eficazes de comunicação para garantir que os trabalhadores sejam informados sobre mudanças e tenham a oportunidade de expressar suas opiniões.
3. **Treinamento e Capacitação:** Fornecer treinamento adequado aos trabalhadores e gestores sobre a importância de uma jornada de trabalho saudável e segura, bem como sobre os direitos e responsabilidades de cada um.

4. Gestão de Mudanças: Implementar um processo estruturado para gerenciar mudanças na jornada de trabalho, garantindo que sejam avaliados os impactos potenciais na saúde e segurança dos trabalhadores.

Para resolver o problema da falta de percepção dos trabalhadores em relação à preocupação da organização com a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados, ponto crítico identificado na Questão 19 (Q19) pode-se tomar as seguintes medidas estratégicas baseadas na ISSO 14001:

1. Comunicação e Conscientização: Realizar campanhas de comunicação interna para conscientizar os trabalhadores sobre a importância da redução de resíduos sólidos e os impactos positivos dessa prática para o meio ambiente e para a própria organização.
2. Treinamento e Capacitação: Fornecer treinamento adequado aos trabalhadores sobre as práticas de redução de resíduos sólidos, incluindo a segregação correta dos resíduos, o uso eficiente de recursos e a adoção de tecnologias limpas.
3. Gestão de Fornecedores: Estabelecer critérios ambientais na seleção e avaliação de fornecedores, incentivando a adoção de práticas sustentáveis em toda a cadeia de suprimentos.
4. Monitoramento e Medição: Implementar um sistema de monitoramento e medição dos resíduos sólidos gerados pela organização, a fim de identificar áreas de melhoria e avaliar o progresso em direção às metas estabelecidas.
5. Reconhecimento e Incentivos: Reconhecer e recompensar os esforços dos trabalhadores que contribuem significativamente para a redução de resíduos sólidos, incentivando o engajamento e a colaboração de todos.

Para resolver o problema da falta de percepção dos trabalhadores em relação à política organizacional estruturada de educação ambiental, a organização pode implementar algumas medidas estratégicas de acordo com a ISO 14001:

1. Comunicação Transparente: Estabelecer canais de comunicação eficazes para divulgar a política organizacional de educação ambiental, garantindo que todos os trabalhadores tenham acesso às informações e compreendam sua importância.
2. Treinamento e Capacitação: Fornecer treinamento e capacitação adequados aos trabalhadores sobre os princípios e práticas da política de educação ambiental, destacando os benefícios para o meio ambiente e para a própria organização.

3. Envolver os Trabalhadores: Incentivar a participação ativa dos trabalhadores na implementação da política de educação ambiental, permitindo que contribuam com ideias e sugestões para melhorar as práticas ambientais da empresa.
4. Integração com Outros Processos: Integrar a política de educação ambiental com outros processos organizacionais, como gestão de resíduos, eficiência energética e uso sustentável de recursos, para garantir uma abordagem holística e consistente.

Para resolver o problema da falta de percepção dos trabalhadores sobre a cultura de desenvolvimento sustentável formalmente inserida na estratégia da organização, assunto tratado pela Questão 14, pode-se adotar as medidas:

1. Treinamento e Capacitação: Oferecer treinamentos regulares aos trabalhadores sobre práticas sustentáveis, destacando como suas ações individuais contribuem para os objetivos de sustentabilidade da empresa.
2. Envolver os Trabalhadores: Incentivar a participação ativa dos trabalhadores na identificação de oportunidades de melhoria e na implementação de iniciativas sustentáveis, promovendo um senso de propriedade e responsabilidade.
3. Integração na Estratégia Organizacional: Integrar a cultura de desenvolvimento sustentável nos objetivos e metas da organização, garantindo que seja uma parte essencial da estratégia de negócios.

Para resolver a falta de percepção dos trabalhadores em relação a trabalharem em um ambiente laboral salubre e saudável (Q23), a organização pode implementar estrategicamente:

1. Avaliação de Riscos: Realizar avaliações periódicas dos riscos à saúde e segurança no trabalho, envolvendo os trabalhadores nesse processo para aumentar a conscientização sobre os perigos existentes.
2. Melhoria Contínua: Estabelecer um processo de melhoria contínua para revisar e atualizar regularmente as práticas relacionadas à saúde e segurança no trabalho, visando sempre a redução de riscos e a promoção de um ambiente mais saudável.
3. Monitoramento da Saúde dos Trabalhadores: Implementar programas de monitoramento da saúde dos trabalhadores para identificar precocemente possíveis problemas de saúde relacionados ao trabalho e intervir de forma adequada.

...

Além das práticas descritas nas normas ISO 45001 e 14001, outras abordagens podem ser complementares para solucionar a percepção dos trabalhadores sobre os itens em destaques, como a implementação de programas de feedback contínuo. Criar um sistema em que os trabalhadores possam fornecer feedback regularmente sobre aspectos da jornada de trabalho, saúde e segurança, e práticas ambientais permite uma visão prática e dinâmica das condições do ambiente de trabalho. Esses canais de feedback podem ser integrados a processos de tomada de decisão, permitindo ajustes rápidos e fomentando um clima de transparência e valorização das opiniões dos funcionários.

Outra recomendação seria a **integração de práticas de gamificação** para tornar o engajamento com a sustentabilidade e a saúde ocupacional mais interessante e motivador. A organização pode criar desafios e recompensas relacionadas à adoção de práticas sustentáveis, como a redução do uso de materiais descartáveis ou a otimização de processos de descarte de resíduos. Esse sistema de incentivo promove a colaboração entre equipes, tornando os objetivos de saúde, segurança e sustentabilidade parte da rotina diária dos trabalhadores de forma leve e eficiente.

Além disso, considerar a **adoção de tecnologias digitais**, como aplicativos de monitoramento da saúde ocupacional e ambiental, poderia trazer benefícios. Essas ferramentas permitem que os funcionários monitorem suas próprias práticas de segurança e saúde, registrem ocorrências e tenham acesso a dados em tempo real sobre o impacto de suas ações, promovendo uma cultura de autoconsciência e responsabilidade.

Essas medidas, quando implementadas de forma estratégica e integradas aos outros sistemas de gestão vigentes na organização podem contribuir significativamente para aumentar a percepção dos trabalhadores sobre o SGI.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho partiu da análise do grau de percepção dos trabalhadores em relação ao Sistema de Gestão Integrado (SGI) composto pelos Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ), Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) em uma empresa do setor elétrico, afim de que, através de um modelo de decisão multicritério fosse gerado um ranking que representasse quais as questões possuem maior e

menor entendimento por parte dos trabalhadores com relação as peculiaridades do Sistema de Gestão Integrado implantado na organização.

Primeiramente, os resultados obtidos através da abordagem híbrida de Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM) revelou *insights* valiosos sobre a percepção dos colaboradores em relação aos diferentes aspectos do SGI. Observou-se que o modelo teórico 1 apresentou problemas de validade discriminante, e após alguns itens serem excluídos pôde-se validar o modelo 2 como uma estrutura robusta e eficaz que permite que os construtos medidos sejam distintos entre si.

Esse resultado combinado a metodologia PROMETHEE possibilitou a construção de um modelo multicritério de classificação a partir da elicitación de valores para os pesos dos critérios identificados, o que é uma das fases mais importantes para construção de modelos multicritério.

Uma das principais contribuições apresentadas nesse trabalho é a utilização do método multicritério PROMETHEE-ROC à problemática de ordenação, por ser uma metodologia ainda pouco utilizada da forma como foi conduzida. Como também podemos destacar a elicitación dos valores através de critérios parcialmente determinados pelas preferências do tomador de decisão, levando em consideração que esse é um processo complexo e com poucas abordagens similares na literatura.

A aplicação do PROMETHEE-ROC aprimorou o processo de ranqueamento, garantindo maior precisão nos resultados e fornecendo à empresa uma visão mais refinada das áreas que demandam intervenção imediata. Após o ranking identificou-se que questões específicas relacionadas ao SGSSO e SGA apresentaram menor nível de percepção por parte dos trabalhadores, apontando para áreas que podem necessitar de maior atenção e esforços de comunicação e conscientização.

É importante ressaltar que as considerações finais deste trabalho não apenas refletem a análise dos resultados, mas também sugerem ações práticas e estratégias para melhorar a percepção dos trabalhadores em relação ao SGI. A implementação dessas recomendações pode não apenas elevar a eficácia do SGI, mas também promover uma cultura organizacional mais consciente e comprometida com os princípios de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional.

A importância de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) efetivo dentro de uma organização se manifesta em diversas dimensões, abrangendo impactos ambientais, sociais e econômicos significativos. Em termos ambientais, a implementação de um SGI robusto promove a adoção de práticas ecologicamente corretas e sustentáveis. Isso inclui a gestão

eficiente de recursos naturais, a redução de resíduos e emissões de poluentes, bem como a promoção da reciclagem e reutilização de materiais.

A conscientização e o treinamento dos colaboradores sobre práticas sustentáveis são igualmente essenciais, pois garantem a adesão e o compromisso de toda a organização. Como resultado, a empresa não só reduz sua pegada ecológica, mas também melhora sua reputação perante consumidores e parceiros, que valorizam cada vez mais a responsabilidade ambiental.

No âmbito social, um SGI efetivo contribui significativamente para a criação de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A integração de normas de saúde e segurança ocupacional permite a identificação e mitigação de riscos, a implementação de medidas preventivas e a promoção de uma cultura de segurança entre os funcionários. Isso pode resultar em uma redução de acidentes e doenças ocupacionais, aumentando a satisfação e o bem-estar dos colaboradores.

A segurança no ambiente de trabalho também pode melhorar a retenção de talentos, reduzir o absenteísmo e aumentar a produtividade, uma vez que os funcionários se sentem mais valorizados e protegidos. Além disso, um SGI eficaz pode fortalecer o relacionamento com a comunidade local, ao demonstrar um compromisso com práticas empresariais responsáveis e éticas.

Economicamente, a adoção de um SGI efetivo pode trazer benefícios substanciais para a organização. A integração de sistemas de gestão de qualidade, meio ambiente e segurança resulta em processos internos mais eficientes e otimizados, reduzindo desperdícios e custos operacionais. A conformidade com normas internacionais e regulamentos não só evita multas e sanções, mas também abre portas para novos mercados e oportunidades de negócios.

A melhoria contínua dos processos e a inovação impulsionada por um SGI podem aumentar a competitividade da empresa no mercado global. Além disso, a transparência e a responsabilidade promovidas por um SGI bem implementado podem atrair investidores e fortalecer a confiança de clientes e parceiros comerciais, resultando em um crescimento sustentável a longo prazo.

No entanto, algumas limitações deste estudo merecem atenção e podem servir de base para pesquisas futuras. Uma dessas limitações é o fato de que os dados analisados foram coletados em apenas uma empresa, o que restringe a generalização dos resultados para outras organizações e contextos.

Além disso, o instrumento de pesquisa utilizado, como questionários ou surveys, pode ter deixado de capturar nuances importantes, como a variabilidade nas percepções dos trabalhadores em função do tempo de serviço, do cargo ocupado ou do setor de atuação. Essas

variáveis poderiam fornecer um entendimento mais detalhado e rico sobre as áreas de um SGI que precisam de melhorias.

Um outro contraponto é o fato de que algumas variáveis não são levadas em consideração dentro na análise como por exemplo tempo de trabalho na empresa, cargo do funcionário e setor de atuação, o que poderia levar a um entendimento muito mais detalhado sobre o tema. O fato de ter apenas uma decisor que representa o processo de tomada de decisão também é um ponto limitante, caso houvesse dois ou mais decisores enriqueceria ainda mais a análise final.

Outro ponto a considerar é a limitação inerente ao processo de tomada de decisão, que foi representado por um único decisor. A inclusão de múltiplos decisores poderia trazer perspectivas adicionais e enriquecer a análise final, resultando em um processo mais robusto e abrangente. Trabalhos futuros poderiam explorar essas variáveis adicionais e expandir a análise para diferentes setores e organizações, contribuindo para uma visão mais holística sobre a eficácia dos SGIs.

Em suma, os resultados da pesquisa podem contribuir na tomada de decisão da empresa com o objetivo de aprimorar a eficácia e eficiência do SGI, garantindo que o sistema seja melhor compreendido, confiável e focado nas áreas que mais impactam o desempenho e a sustentabilidade do negócio. Contudo, para obter uma visão mais completa, é recomendável que futuras investigações considerem essas limitações e busquem abordagens mais amplas e diversificadas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, W. Integrated Management Systems: Leading Strategies and Solutions. 2006.
- BARBOSA, A. S. et al. Item response theory-based validation of an integrated management system measurement instrument. *Journal of Cleaner Production*, v. 328, p. 129546, 2021.
- BENDELL, A. Integrated Management Systems: Leading Strategies and Solutions. 1. ed. New York: Publisher, 2014.
- BENNETT, J. Integrated Management Systems: Leading Strategies and Solutions. Routledge, 2019.
- BERTALANFFY, L. von. General System Theory: Foundations, Development, Applications. George Braziller, 1968.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMÉTHÉE-GAIA: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples. Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelles, Belgium, 2002.

BSI GROUP. ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems - Requirements. BSI Group, 2020.

CARVALHO, M. M.; CARVALHO, M. A. Gestão da Qualidade: Teoria e Casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018, pp. 32

CHEN, C.-F., LIN, Y.-C. Does occupational safety and health regulation influence the work–life balance of employees? The moderating effect of corporate social responsibility. *Sustainability* 7 (8), 2015, pp. 10658–10674.

CROFT, N. H. Data Quality in Integrated Management Systems. New York: Publisher, 2015.

CROFT, N. H. ISO 9001:2008 for Small Businesses: Fourth Edition. London: Publisher, 2008.

CROFT, P. Integrated Management Systems: A Holistic Approach. Springer, 2015.

Cugueró-Escofet, N., & Ricart, J. E. (2017). Integrating Sustainability in Organizations: An Inquiry into Organizational Virtue. *Journal of Business Ethics*, 140(4), 731-742.

DEJOY, D. M. Behavior change versus culture change: Divergent approaches to managing workplace safety. *Safety Science*, v. 43, n. 2, p. 105-129, 2005.

DRUCKER, P. F. The effective decision. In *Harvard Business Review on Decision Making*, pp. 37-58. Harvard Business School Press, 1967.

DYER, J. S.; FORMAN, E. H. Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process. *Decision Support Systems*, v. 8, n. 2, p. 99-124, 1992.

FORNELL, C.; LARCKER, D. F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, v. 18, n. 1, p. 39-50, 1981.

HAIR Jr., J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M.; DANKS, N. P.; RAY, S. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook. Springer Nature, 2021.

HAIR Jr., J.; HAIR Jr., J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Sage Publications, 2021.

HENSELER, J. Composite-based structural equation modeling: Analyzing latent and emergent variables. Guilford Publications, 2020.

HOYLE, D. Data Management in Integrated Management Systems. London: Publisher, 2019.

HOYLE, D. Integrated Management Systems: Principles and Practices. 3. ed. London: Publisher, 2019.

HUTTON BARRON, F. Selecting a best multiattribute alternative with partial information about attribute weights. *Acta Psychologica*, v. 80, n. 1-3, p. 91-103, 1992.

ISO. ISO 14001:2015 - Environmental management systems - Requirements with guidance for use. ISO, 2015.

ISO. ISO 14001:2015 - Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. ISO, 2015.

ISO. ISO 45001:2018 - Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional - Requisitos com orientação para uso. ISO, 2018.

ISO. ISO 9001 - Quality management. Recuperado de <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>, 2022.

J. P. Brans and B. Mareschal, PROMÉTHÉE-GAIA: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples, Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelles, Belgium, 2002.

JØRGENSEN, T. H.; REMMEN, A. ISO 14001 certification and performance improvements in a sample of Chinese and Colombian manufacturers. *Business Strategy and the Environment*, v. 26, n. 5, p. 644-658, 2017.

KOCK; HADAYA. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/isj.12131>. Acesso em: 13 mar. 2024.

KRISHNAN, R. Occupational health and safety management systems: Implementation, impact, and sustainability. Routledge, 2020.

LEE, I.; DALE, B. Quality management and ISO 9000 certification in companies experiencing growth and decline. *Production and Operations Management*, v. 7, n. 3-4, p. 317-332, 1998.

LEVINSON, B. Implementing Integrated Management Systems: A Systematic Approach. 1. ed. Boston: Publisher, 2018.

NBR ISO 9001:2015 - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

POKSINSKA, B.; DAHLGAARD, J. J.; ANTONI, M. The state of ISO 9000 certification: a study of Swedish organizations. *The TQM Journal*, v. 25, n. 1, p. 25-38, 2013.

PSYCHOGIOS, A.; OKE, P. N. Integrated Management Systems: Leading Strategies and Solutions. Routledge, 2017.

RINGLE, C. M.; WENDE, S.; BECKER, J.-M. SmartPLS 4. Oststeinbek: SmartPLS GmbH, 2022.

SANTOS, A. B. Gestão da Qualidade Total: Práticas Organizacionais Integradas. 2. ed. São Paulo: Editora X, 2015.

SANTOS, A. B. Qualidade dos Dados em Sistemas Integrados de Gestão. São Paulo: Editora X, 2017.

SIMPSON, A. Implementing Integrated Management Systems: A Practical Guide. Kogan Page, 2020.

SIMPSON, P. Implementing Integrated Management Systems: Best Practices and Strategies. 1. ed. New York: Publisher, 2020.

THALER, R. H. Misbehaving: The Making of Behavioral Economics. W. W. Norton & Company, 2015.

WEAVER, G., TREVINO, L.K., COCHRAN, P.L. Corporate ethics programs as control systems: influences of executive commitment and environmental factors. *Acad. Manage. J.* 50 (6), 2007, pp. 120–137.

WHITTAKER, T. A.; SCHUMACKER, R. E. A beginner's guide to structural equation modeling. Routledge, 2022.

ZOHAR, Dov. Safety climate: conceptual and measurement issues. In: Quick, J.C., Tetrick, L.E. (Eds.), *Handbook of Occupational Health Psychology*. American Psychological Association, Washington, DC, 2003, pp. 123-142.