

Universidade Estadual Paulista

Eder Cezano Gonçalves

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DA
QUALIDADE NO SETOR DE
EVAPORAÇÃO EM USINAS DE
AÇÚCAR

Jaboticabal

2026

EDER CEZANO GONÇALVES

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DA
QUALIDADE NO SETOR DE
EVAPORAÇÃO EM USINAS DE
AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Área de concentração: Gestão de Organizações Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giroto Rebelato

Coorientadora: Profa. Dra. Andréia Marize Rodrigues

Jaboticabal

2026

G635d Gonçalves, Eder Cezano
 Diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas de
 açúcar / Eder Cezano Gonçalves. -- Jaboticabal, 2026
 175 p.: il., tabs.

 Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista
 (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
 Orientador: Rebelato, Marcelo Giroto
 Coorientador: Rodrigues, Andréia Marize

 1. Usinas de açúcar. 2. Setor de Evaporação. 3. Gestão da Qualidade. 4.
 Diagnóstico Organizacional. 5. Estrutura de diagnóstico da qualidade. I. Título.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DA QUALIDADE NO SETOR DE EVAPORAÇÃO EM USINAS DE AÇÚCAR


AUTOR: EDER CEZANO GONÇALVES

ORIENTADOR: MARCELO GIROTTO REBELATO COORIENTADORA: ANDREIA MARIZE RODRIGUES


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Administração, área: Gestão de Organizações Agroindustriais pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO GIROTTO REBELATO**
Data: 07/02/2026 05:01:16-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. MARCELO GIROTTO REBELATO (Participação Virtual)
Departamento de Economia, Administração e Educação / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **MÁRIO SACOMANO NETO**
Data: 12/02/2026 18:42:28-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. MÁRIO SACOMANO NETO (Participação Virtual)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) / São Carlos/SP

Documento assinado digitalmente
 **IRINEU DE BRITO JUNIOR**
Data: 12/02/2026 15:54:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. IRINEU DE BRITO JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / ICT UNESP São José dos Campos

Jaboticabal, 06 de fevereiro de 2026.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus filhos, João Guilherme e Gustavo Henrique, que dão sentido aos meus sonhos e são a maior razão do meu esforço diário. Cada conquista minha é, antes de tudo, por vocês.

À minha esposa, Aparecida, companheira de todas as horas, pelo amor, pela paciência, pela compreensão e pelo apoio incondicional ao longo desta caminhada. Sem você, este percurso teria sido muito mais difícil.

Aos meus pais, Ezequiel e Edivirges, minha base e meu exemplo de vida, por todo amor, pelos ensinamentos e pelos valores que moldaram quem eu sou. Este trabalho também é fruto da dedicação de vocês.

Aos meus irmãos, Marcela e Silas, pela presença constante, pelo carinho e pelo incentivo em todos os momentos desta jornada.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Marcelo Giroto Rebelato, pela orientação segura, pela confiança, pela paciência e pelas valiosas contribuições ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua condução foi fundamental para a realização desta pesquisa.

À minha coorientadora, Andréia, pela atenção, pela disponibilidade e pelas importantes sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste estudo.

Aos amigos da usina, Daniel, Luiz e Marcelo, pela parceria, pelas conversas, pelas discussões técnicas e pela troca de experiências que enriqueceram esta pesquisa e tornaram essa caminhada mais leve.

Agradeço também a todos os amigos e colegas que, de alguma forma, contribuíram e estiveram presentes ao longo desta trajetória.

Aos colaboradores e funcionários da UNESP-FCAV, pela atenção, pelo suporte e pelo trabalho diário que possibilita a realização de pesquisas como esta.

A produtividade é aumentada pela
melhoria da qualidade. Este fato é bem
conhecido por uma seleta minoria.

“W.E Deming”

Resumo

Objetivo: O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e aplicar uma estrutura metodológica para o diagnóstico estratégico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas.

Metodologia / Procedimentos de Pesquisa: Inicialmente, realizou-se pesquisa bibliográfica sistemática que orientou a construção do modelo de diagnóstico e a definição dos nove subsistemas da gestão da qualidade. A partir desse referencial, foi desenvolvido um questionário, cujos pesos foram validados por especialistas por meio do método IAHP (Improved Analytic Hierarchy Process), utilizando o software MindDecider para determinar a importância relativa de cada questão. A consistência dessas avaliações foi verificada pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), calculado no SPSS. Em seguida, o instrumento foi aplicado em campo no setor de evaporação de uma usina de açúcar, e a consistência das respostas obtidas nessa etapa também foi analisada pelo ICC. A aplicação permitiu integrar resultados quantitativos e interpretações qualitativas, oferecendo uma visão abrangente da maturidade da gestão da qualidade no processo estudado.

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram de modo geral que, além de identificar o nível de maturidade da gestão da qualidade, a estrutura de diagnóstico possibilitou compreender as causas e inter-relações que influenciam esse desempenho. A análise evidenciou pontos fortes em padronização e controle operacional e fragilidades ligadas à integração entre subsistemas e ao uso de indicadores.

Implicações Gerenciais: A estrutura proposta mostrou-se uma ferramenta prática de apoio à decisão, permitindo que gestores visualizem as conexões entre planejamento, controle, equipe e tecnologia, facilitando a priorização de ações de melhoria e o uso eficiente dos recursos, demonstrando que a qualidade depende da coordenação dos subsistemas da gestão. Assim, o diagnóstico contribuiu para o fortalecimento da governança, da transparência e da competitividade das usinas.

Conclusões e Limitações da Pesquisa: A pesquisa atingiu seu propósito ao desenvolver e aplicar uma estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade voltada ao setor de evaporação, comprovando aplicabilidade prática. A estrutura de diagnóstico mostrou-se capaz de interpretar o desempenho da qualidade sob uma ótica sistêmica. As limitações incluem o estudo de caso único e a especificidade setorial, que restringem a generalização dos resultados. O instrumento, baseado em percepções de especialistas (ponderadas via IAHP/ICC), e a análise transversal não capturam variações temporais ou a correlação causal com indicadores operacionais objetivos, sendo recomendada a validação futura em outros contextos.

Originalidade: O trabalho apresenta originalidade ao propor uma estrutura de diagnóstico específica para o setor de evaporação, etapa crítica do processo industrial que carecia de instrumentos próprios de avaliação. A pesquisa integra referenciais clássicos da qualidade, conferindo rigor analítico e validade científica ao diagnóstico.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade; Setor de Evaporação; Diagnóstico Organizacional; Estrutura de diagnóstico da qualidade.

Abstract:

Objective: The objective of this research was to develop and apply a methodological framework for the strategic diagnosis of quality management in the evaporation sector of sugar and ethanol plants.

Methodology / Research Procedures: Initially, systematic bibliographic research was conducted to guide the construction of the diagnostic model and the definition of the nine subsystems of quality management. Based on this framework, a questionnaire was developed, whose weights were validated by experts using the IAHP (Improved Analytic Hierarchy Process) method, employing MindDecider software to determine the relative importance of each question. The consistency of these evaluations was verified using the Intraclass Correlation Coefficient (ICC), calculated in SPSS. Subsequently, the instrument was applied in the field in the evaporation sector of a sugar mill, and the consistency of the responses obtained in this stage was also analyzed using the ICC. The application allowed for the integration of quantitative results and qualitative interpretations, offering a comprehensive view of the maturity of quality management in the process studied.

Results and Discussion: The results showed that, in addition to identifying the maturity level of quality management, the diagnostic framework made it possible to understand the causes and interrelations that influence this performance. The analysis highlighted strengths in process standardization and operational control, as well as weaknesses related to subsystem integration and the use of performance indicators.

Managerial Implications: The proposed framework proved to be a practical decision-support tool, allowing managers to visualize the connections between planning, control, teams, and technology, thus facilitating the prioritization of improvement actions and the efficient use of resources. It also demonstrated that quality performance depends on the coordination among management subsystems, contributing to the strengthening of governance, transparency, and competitiveness within sugar and ethanol plants.

Conclusions and Research Limitations: The research achieved its purpose by developing and applying a quality management diagnostic framework focused on the evaporation sector, confirming its practical applicability. The framework proved capable of interpreting quality performance from a systemic perspective. Limitations arise from the fact that the study was conducted in a single plant, which restricts the generalization of results, although it allowed for a deep and contextualized analysis. It is recommended that the model be applied in other sectors and industrial units to broaden its validation and applicability.

Originality: This work presents originality by proposing a diagnostic framework specifically designed for the evaporation sector, a critical stage of the industrial process that lacked dedicated evaluation tools. The research integrates classical quality management references, ensuring statistical rigor and scientific validity in the diagnostic process.

Keywords: Quality Management; Evaporation Sector; Organizational Diagnosis.

Lista de Abreviaturas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AHP – Analytic Hierarchy Process
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- BONSUCRO – Better Sugarcane Initiative (atual R)
- BPA – Boas Práticas Agrícolas
- BPF – Boas Práticas de Fabricação
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CBIO – Crédito de Descarbonização
- CEP – Controle Estatístico de Processo
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CI – Índice de Consistência
- CLT – Consolidação das Leis do Trabalho
- CR – Razão de Consistência
- EFQM – European Foundation for Quality Management
- ESG – Environmental, Social and Governance
- FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e Efeitos)
- FNQ – Fundação Nacional da Qualidade
- GMP – Good Manufacturing Practices (Boas Práticas de Fabricação)
- IAHP – Improved Analytic Hierarchy Process
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ISO – International Organization for Standardization
- MASP – Método de Análise e Solução de Problemas
- MCDA – Multiple Criteria Decision Analysis
- MEG – Modelo de Excelência da Gestão
- MIT – Massachusetts Institute of Technology
- MPC – Controle Preditivo Multivariável (Model Predictive Control)
- NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
- NIST – National Institute of Standards and Technology
- NR – Normas Regulamentadoras
- OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series
- ORPLANA – Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil
- PDCA – Plan-Do-Check-Act

PDSA – Plan-Do-Study-Act

PIB – Produto Interno Bruto

RI – Índice de Aleatoriedade (Random Index)

SAA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento

SEMIL – Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

TQM – Total Quality Management

VHP – Very High Polarization (açúcar de alta polarização)

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão	48
Figura 2 - Fluxograma produção de açúcar	53
Figura 3 – Fluxograma setor evaporação	54
Figura 4 - Estrutura integrada dos subsistemas para o diagnóstico da qualidade.....	76

Lista de Quadros

Quadro 1- Síntese comparativa modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade.....	45
Quadro 2 - Critérios e enfoques analíticos	83
Quadro 3 – Notas e justificativas atribuídas pelos especialistas A, B, C e D ao instrumento de diagnóstico.....	140

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Escala Likert utilizada na aplicação do questionário.....	72
Tabela 2 - Perfil e experiência dos especialistas participantes da aplicação do questionário...	72
Tabela 3 – Perfil dos especialistas participantes da etapa de ponderação do questionário	81
Tabela 4 - Escala likert para avaliação do grau de relevância dos critérios aplicado a cada questão	81
Tabela 5- Resultado do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) obtido no SPSS da etapa de ponderação das questões	86
Tabela 6 - Resultado do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) obtido no SPSS das respostas do questionário.....	88
Tabela 7 Resultados do subsistema capacidade estratégica do setor de evaporação	89
Tabela 8 - Resultados do subsistema Gerenciamento da qualidade	91
Tabela 9 - Resultados do subsistema planejamento da qualidade do produto	92
Tabela 10- Resultados do subsistema capacidade estratégica do setor de evaporação.....	92
Tabela 11- Resultados do subsistema Equipamentos para Informação da Qualidade	95
Tabela 12 Resultados do subsistema desenvolvimento de recursos humanos.....	97
Tabela 13- Resultados do subsistema acompanhamento da qualidade do processo.....	98
Tabela 14 - Resultados do subsistema acompanhamento da qualidade do produto	100
Tabela 15 - Resultados do subsistema indicadores da qualidade	101
Tabela 16- Avaliação das questões por: especialistas A B C, médias por critério e índice de relevância obtido no software MinDecider	124
Tabela 17- Resultado global da usina	171

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problema de Pesquisa	18
1.2 Objetivo Geral.....	19
1.3 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Relevância da Pesquisa	19
1.5 Estrutura da dissertação	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 A gestão da qualidade na indústria de processo	22
2.1.1 Evolução dos sistemas de Qualidade	24
2.1.2 Ambientes industriais contínuos e suas especificidades	26
2.1.3 Princípios da gestão da qualidade total (TQM) no setor sucroenergético.....	28
2.1.4 Sistema Total de Qualidade de Feigenbaum (TQC).....	30
2.1.5 Relação entre estrutura da qualidade e desempenho operacional	32
2.2 Normas técnicas aplicáveis à gestão da qualidade.....	34
2.2.1 ISO 9001:2015 – Princípios e Estrutura.....	34
2.2.2 ISO 9004:2018 avaliação do desempenho organizacional e maturidade	36
2.2.3 ISO 19011:2018 diretrizes para auditorias de sistemas de gestão.....	38
2.3 Modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade	39
2.3.1 Conceito de modelo de diagnóstico organizacional modelos de referencias .	40
2.3.2 Modelo de excelência da fundação nacional da qualidade (FNQ).....	41
2.3.3 Modelo de Malcolm Baldrige	42
2.3.4 Modelo Europeu EFQM.....	43
2.3.5 Síntese comparativa dos modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade ..	44
2.4 Análise Multicritério no Auxílio à decisão	45
2.4.1 Fundamentos Analytic Hierarchy process (AHP)	46
2.4.2 Cálculos Aplicados do AHP	48
2.4.3 Limitações do método Analytic Hierarchy process (AHP).....	49
2.4.4 Improved Analytic Hierarchy Process (IAHP).....	49
2.5 Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC)	50
2.5.1 Cálculo do ICC.....	52
2.6 O Setor de Evaporação na Indústria Sucroenergética.....	53

2.6.1 Estocagem do Caldo Clarificado	54
2.6.2 Pré-aquecimento do Caldo Clarificado	55
2.6.3 Pré evaporação	55
2.6.4 Evaporação	57
2.6.5 Estocagem do xarope	59
2.6.6 Desafios específicos do setor de evaporação	59
2.6.7 Incrustações e Perdas Térmicas.....	61
2.6.8 Interface com os setores de geração de vapor, cristalização, destilação	62
2.6.9 Ausência de Ferramentas de Diagnóstico da Qualidade no setor de evaporação	63
2.6.10 Síntese da fundamentação teórica e relação com a estrutura de diagnóstico da qualidade	64
3 MÉTODO DE PESQUISA	66
3.1 Definição do tema.....	66
3.2 Classificação da pesquisa.....	67
3.2.1 Natureza da pesquisa.....	67
3.2.2 Abordagem do problema	67
3.2.3 Quanto aos fins.....	68
3.2.4 Quanto aos meios de investigação	68
3.3 Pesquisa bibliográfica	69
3.4 Definição do escopo abrangência e estrutura do diagnóstico de qualidade.....	70
3.5 Aplicação em campo	70
3.6 Discussão dos resultados.....	73
4 CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA DE DIAGNÓSTICO	75
4.1.1 Elaboração da estrutura de diagnóstico da Qualidade no setor de evaporação em usinas de açúcar.....	75
4.1.2 Fragmentação da gestão da qualidade em subsistemas.....	76
4.1.3 Relações entre os Subsistemas da Gestão da Qualidade no Setor de Evaporação	78
4.2 Elaboração das Questões do Instrumento de Diagnóstico	79
4.3 Ponderação das Questões do Instrumento de Diagnóstico	80
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	85
5.1.1 Resultados e discussões da Ponderação das Questões	85
5.2 Resultados da aplicação do questionário na usina X	87

5.2.1 Capacidade estratégica do setor de evaporação	88
5.2.2 Gerenciamento da qualidade	90
5.2.3 Planejamento da qualidade do produto	91
5.2.4 Planejamento da qualidade do processo	92
5.2.5 Equipamentos para Informação da Qualidade	94
5.2.6 Desenvolvimento de recursos humanos	95
5.2.7 Acompanhamento da qualidade do processo	97
5.2.8 Acompanhamento da Qualidade do Produto	99
5.2.9 Indicadores da qualidade	100
5.2.10 Resultado Global da Usina	102
5.2.11 Análise diagnóstica dos resultados da gestão da qualidade no setor de evaporação	103
Implicações Gerenciais	105
6 CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS.....	108

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético é hoje considerado um dos pilares da economia brasileira. Além de impulsionar o crescimento econômico das regiões onde está presente, cumpre papel importante na redução de desigualdades sociais e no desenvolvimento regional. As usinas produzem açúcar, etanol, energia elétrica e uma variedade de subprodutos da cana. Em 2024, o país contava com 345 unidades em operação e cerca de 1.200 municípios envolvidos no cultivo da cana-de-açúcar. Nesse mesmo ano, o setor movimentou aproximadamente 100 bilhões de dólares, com um PIB estimado em 40 bilhões, o que representa em torno de 2% do PIB nacional (D'ALESSANDRO; CAVICHIOLI, 2025; UNICA, 2024).

Nesse cenário, o Brasil consolidou sua posição como líder global em produção e exportação de açúcar. Na safra 2023/2024, foram produzidas 46 milhões de toneladas de açúcar, das quais 35,3 milhões destinadas ao mercado externo. Esse volume equivale a 25% de toda a produção mundial e à metade das exportações globais. A relevância do setor, portanto, vai além dos números: ele gera empregos, movimentando economias locais e contribui para a inclusão social nas regiões produtoras (UNICA, 2024).

Dentro da cadeia produtiva sucroenergética, diversas operações agroindustriais transformam a cana em seus principais produtos. Na indústria, o processo de produção de açúcar VHP (Very High Polarization) começa com a recepção e limpeza da cana, seguida do preparo mecânico, que consiste em romper a estrutura dura e fibrosa da cana, facilitando a extração do caldo. Após o tratamento do caldo, no qual são retiradas as impurezas presentes no meio, o caldo segue para a evaporação, na qual ocorre a concentração pela remoção de água, seguindo posteriormente para as etapas de cozimento, cristalização, secagem e envase (CHRUSCIAK, 2025; DIAS et al., 2015; REIN, 2017).

Entre essas etapas, a evaporação se destaca pela influência no rendimento do processo, pois é nela que o caldo é concentrado até formar o xarope, uma solução rica em sacarose que dará origem aos cristais de açúcar. O vapor gerado nessa etapa é reutilizado como fonte de energia térmica em outros subprocessos, reduzindo o consumo energético da planta. Quando bem conduzida, a evaporação favorece a eficiência produtiva e energética, mas, quando mal operada, eleva o consumo de vapor e reduz o rendimento da fábrica (CHRUSCIAK, 2025; REIN, 2017; SANCHES et al., 2025).

Apesar de sua importância estratégica, o setor de evaporação enfrenta desafios recorrentes: alto consumo energético, incrustações nos tubos dos evaporadores, variabilidade na concentração do xarope, falhas nas manutenções preditivas e corretivas, limitações de

automação e paradas para desincrustação dos tubos. Esses fatores elevam custos e comprometem a produtividade e os objetivos estratégicos das usinas (EL-NAHAS et al., 2024; SANTOS, 2024).

Para manter competitividade em um mercado cada vez mais exigente, é indispensável contar com uma gestão da qualidade sólida. Além de atender às normas, essa estrutura ajuda a reduzir falhas, elevar o padrão dos produtos e responder melhor às expectativas de produtividade. Pesquisas recentes mostram que empresas que adotam sistemas de gestão certificados, especialmente quando combinam diferentes normas, alcançam ganhos relevantes de eficiência e desempenho. Mas, como lembra Feigenbaum (1994), a competitividade não depende apenas da tecnologia: é a integração entre estratégia, planejamento, indicadores, equipes, confiabilidade dos equipamentos e disciplina das rotinas que sustenta um verdadeiro sistema de qualidade (HERNÁNDEZ-VIVANCO; BERNARDO, 2023).

Ainda assim, quando se trata da evaporação, a literatura permanece concentrada nos aspectos técnicos. Pesquisas recentes exploram o uso de controle preditivo em evaporadores múltiplos, mostrando que estratégias como o Model Predictive Control (MPC) podem oferecer maior eficiência operacional em comparação a controladores convencionais. Outros trabalhos investigam soluções sustentáveis para problemas recorrentes, como a incrustação dos tubos de evaporadores, a exemplo da utilização do melaço como agente alternativo de limpeza. Também há contribuições voltadas à aplicação de abordagens inteligentes, como o uso de lógica fuzzy em sistemas de múltiplo efeito, buscando maior adaptabilidade e estabilidade operacional. Paralelamente, no campo da gestão da qualidade, estudos como o de Wolniak e Grebski (2023) demonstram como o Controle Estatístico de Processo (CEP) vem se transformando no contexto da Indústria 4.0, passando de uma ferramenta reativa para uma abordagem proativa de monitoramento da qualidade do processo e do produto. No entanto, tais contribuições, ainda que relevantes, permanecem restritas à automação, ao desempenho físico-químico e ao monitoramento estatístico, sem oferecer instrumentos voltados ao diagnóstico da gestão da qualidade na evaporação, especialmente em dimensões como padronização, confiabilidade operacional e melhoria contínua, as quais ajudam as usinas a serem mais eficientes e competitivas (EL-NAHAS et al., 2024; EMORI et al., 2023; PITTEEA; KING, 2024).

Essa constatação decorre de uma pesquisa bibliográfica sistemática nas bases de dados Scopus, ScienceDirect e SciELO, além de periódicos especializados como Sugar Tech e International Sugar Journal. Foram testadas diferentes combinações de descritores ligados a “evaporação”, “usinas de açúcar” e “gestão da qualidade”, sem restrição temporal. Os resultados confirmam a predominância de abordagens técnicas ou do uso de ferramentas

genéricas, sem a proposição de métodos específicos para diagnosticar a gestão da qualidade no setor de evaporação. Essa lacuna reforça a pertinência e a contribuição deste estudo.

1.1 Problema de Pesquisa

Apesar dos avanços tecnológicos e do uso crescente de sistemas de automação no setor sucroenergético, ainda existe um descompasso entre a sofisticação técnica dos processos e a maturidade dos sistemas de gestão da qualidade. Essa lacuna é particularmente evidente no setor de evaporação, etapa essencial para o equilíbrio energético da usina e para a qualidade do xarope que segue às fases de cristalização e secagem. Nessa etapa, pequenas variações operacionais podem gerar impactos significativos sobre o rendimento global, o consumo de vapor e a eficiência industrial como um todo.

Entretanto, observa-se que os modelos e métodos disponíveis para avaliar a gestão da qualidade permanecem genéricos, sem considerar as especificidades dos processos contínuos que caracterizam a produção de açúcar e etanol. A literatura técnica concentra-se em soluções voltadas ao controle de processo, à automação e ao desempenho térmico, enquanto aspectos gerenciais, como planejamento, controle, padronização, confiabilidade e melhoria contínua, recebem atenção limitada. Essa lacuna dificulta a compreensão sistêmica da qualidade na evaporação e limita a capacidade das usinas de identificar, de forma estruturada, os pontos críticos de gestão.

Nesse contexto, cresce a necessidade de compreender a qualidade não apenas como resultado do controle operacional, mas como consequência de uma estrutura integrada de gestão capaz de alinhar estratégia, processos, pessoas e tecnologia. A ausência de uma estrutura metodológica de diagnóstico voltada especificamente à realidade do setor de evaporação compromete a visão global da qualidade e restringe o uso de indicadores eficazes para a tomada de decisão.

Diante desse cenário, impõe-se o desafio de desenvolver uma estrutura metodológica de diagnóstico que permita avaliar, de forma sistemática, objetiva e adaptada à realidade industrial, a gestão da qualidade no setor de evaporação, contribuindo para o aprimoramento dos processos e para o fortalecimento da competitividade organizacional.

Assim, define-se a seguinte questão de pesquisa: Como elaborar uma estrutura metodológica capaz de diagnosticar, de forma sistemática, objetiva e adaptada à realidade industrial, a gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas?

1.2 Objetivo Geral

Desenvolver uma estrutura metodológica para o diagnóstico estratégico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas, abrangendo dimensões críticas de planejamento, controle e rotinas operacionais.

1.3 Objetivos Específicos

1. Identificar os elementos estruturais da gestão estratégica da qualidade no setor de evaporação.
2. Elaborar uma estrutura de diagnóstico baseada em um questionário estruturado abrangendo as dimensões: estratégia, planejamento, controle, indicadores, equipe, equipamentos e rotinas de trabalho.
3. Aplicar o diagnóstico em campo e analisar os resultados da aplicação.

1.4 Relevância da Pesquisa

A relevância desta pesquisa se manifesta em três dimensões complementares industrial, acadêmica e social, refletindo tanto a necessidade prática de aprimoramento dos processos produtivos quanto o avanço teórico no campo da gestão da qualidade aplicada à indústria de processos.

No âmbito industrial, o estudo responde a uma demanda concreta das usinas sucroenergéticas: compreender, de forma estruturada e objetiva, como está organizada a gestão da qualidade em um dos setores mais críticos da produção, o de evaporação. Essa etapa exerce influência direta sobre a eficiência térmica, o balanço energético e a qualidade do xarope, impactando o desempenho global da usina. No entanto, observa-se a inexistência de métodos específicos capazes de diagnosticar a qualidade sob uma ótica sistêmica, integrando fatores técnicos e gerenciais. Ao propor uma estrutura metodológica de diagnóstico voltada para essa realidade, a pesquisa oferece um instrumento estratégico para apoiar decisões, identificar fragilidades, priorizar melhorias e aumentar a confiabilidade operacional e energética das usinas.

Do ponto de vista acadêmico, a relevância decorre da contribuição ao corpo teórico sobre gestão da qualidade em ambientes industriais contínuos, no qual o setor em estudo se enquadra. Ao integrar referenciais clássicos, como o Sistema Total de Qualidade de Feigenbaum (1994) e as normas ISO 9001, ISO 9004 e ISO 19011, com abordagens contemporâneas de

diagnóstico organizacional, como o Modelo de Excelência da Gestão da Fundação Nacional da Qualidade (MEG-FNQ), o modelo Baldrige (Malcolm Baldrige National Quality Award) e o modelo EFQM (European Foundation for Quality Management), o estudo amplia a compreensão da qualidade para além das abordagens tradicionais voltadas a produtos ou à manufatura discreta. Essa integração teórica permite preencher uma lacuna identificada na literatura, consolidando um referencial metodológico aplicável ao contexto do setor sucroenergético e servindo de base para pesquisas futuras em processos produtivos semelhantes.

Sob a perspectiva social e ambiental, a pesquisa também se justifica pelo alinhamento às demandas atuais de sustentabilidade e uso racional de recursos. Ao promover práticas de gestão mais eficientes e reduzir desperdícios energéticos e materiais, a estrutura proposta contribui indiretamente para a diminuição de impactos ambientais e para a valorização da cultura de qualidade e melhoria contínua no setor. Além disso, a qualificação dos profissionais envolvidos, por meio da aplicação e interpretação do diagnóstico, fortalece a cultura organizacional e estimula a aprendizagem técnica e gerencial.

Por fim, o momento em que este estudo é desenvolvido reforça sua importância. O setor sucroenergético passa por um período de transformação, marcado pela busca de maior competitividade, digitalização de processos e exigências crescentes de sustentabilidade. Nesse contexto, a proposta desta pesquisa se mostra oportuna e necessária, pois oferece uma estrutura metodológica robusta e adaptável à realidade industrial, capaz de apoiar decisões estratégicas e promover uma gestão da qualidade alinhada aos desafios contemporâneos da produção de açúcar e etanol.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está organizada em seis seções, além dos elementos introdutórios e finais. A seção 1 apresenta o tema da pesquisa, contextualizando a importância do setor de evaporação nas usinas sucroenergéticas e descrevendo o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e a organização geral do trabalho.

A seção 2, dedicada à fundamentação teórica, reúne os conceitos e as bases que sustentam o estudo, abordando a gestão da qualidade em processos contínuos, as normas técnicas aplicáveis, os modelos de diagnóstico organizacional e as particularidades técnicas do processo de evaporação.

A seção 3 apresenta o método de pesquisa, detalhando o enquadramento metodológico, o tipo de estudo, a abordagem adotada e os procedimentos empregados ao longo do desenvolvimento da investigação.

A seção 4 trata da concepção da estrutura de diagnóstico da qualidade, descrevendo sua organização sistêmica, os elementos que a compõem e a integração dos subsistemas da gestão da qualidade no setor de evaporação.

A seção 5 apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta, articulando-os com o referencial teórico e analisando suas implicações práticas para o setor industrial estudado.

Por fim, a seção 6 reúne as conclusões do estudo, destacando as contribuições teóricas e práticas, reconhecendo as limitações da pesquisa e sugerindo caminhos para futuras investigações sobre a gestão da qualidade em processos industriais contínuos, com ênfase no setor de evaporação em usinas de açúcar e etanol.

Ao final do trabalho, apresentam-se os apêndices, que reúnem o questionário estruturado com 96 questões, utilizado na coleta de dados e no diagnóstico da gestão da qualidade, além de tabelas extensas não incluídas no corpo do texto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta as bases teóricas que sustentam a construção da estrutura metodológica de diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas. A fundamentação teórica foi organizada em eixos complementares, que articulam conceitos de gestão da qualidade em processos industriais contínuos, normas técnicas aplicáveis, modelos de diagnóstico organizacional, métodos de análise multicritério e características operacionais do setor de evaporação.

Inicialmente, discute-se a gestão da qualidade em indústrias de processo, destacando suas especificidades operacionais e a evolução dos sistemas de qualidade até a abordagem da gestão da qualidade total. Em seguida, são apresentadas as normas técnicas que estruturam os sistemas de gestão da qualidade e orientam práticas organizacionais no ambiente industrial.

Na sequência, são discutidos modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade, que servem como referência conceitual para a construção da estrutura proposta nesta pesquisa. Posteriormente, são apresentados os fundamentos da análise multicritério de decisão, com ênfase no método Analytic Hierarchy Process (AHP) e sua versão aprimorada (IAHP), utilizados na etapa de ponderação do instrumento de diagnóstico.

Por fim, aborda-se o setor de evaporação na indústria sucroenergética, contextualizando suas características operacionais, desafios específicos e a ausência de ferramentas estruturadas para diagnóstico da gestão da qualidade nesse ambiente produtivo.

Dessa forma, a fundamentação teórica estabelece os elementos conceituais e metodológicos que orientam a concepção da estrutura de diagnóstico da qualidade proposta neste estudo.

2.1 A gestão da qualidade na indústria de processo

A compreensão da gestão da qualidade em ambientes industriais contínuos é fundamental para sustentar a proposta de diagnóstico desenvolvida nesta pesquisa, uma vez que o setor de evaporação das usinas sucroenergéticas se insere nesse tipo de sistema produtivo.

De modo geral, os sistemas industriais passaram a ser estudados e compreendidos a partir da distinção entre dois grandes grupos: as indústrias de processo e as indústrias de manufatura discreta. Nas indústrias de processo, a produção ocorre de forma contínua, o que impede a separação ou identificação individual dos produtos ao longo das etapas produtivas. Em contraste, nas indústrias de manufatura discreta, cada item produzido é distinto e pode ser

tratado individualmente, seja como unidade única ou em lotes, permitindo um controle mais direto e pontual sobre cada produto no processo produtivo (SILVA, 2012).

A partir dessa classificação inicial, os estudos passaram a aprofundar a compreensão das particularidades das indústrias de processo, que englobam setores nos quais a transformação da matéria-prima ocorre de maneira contínua ou em bateladas, resultando em produtos homogêneos. Conforme destacado por Silva (2012), esse grupo inclui as indústrias química, petroquímica, farmacêutica, alimentícia, de papel e celulose e as usinas sucroenergéticas. Um aspecto comum entre esses setores é o elevado nível de integração entre as etapas produtivas, o que exige controle rigoroso e permanente de variáveis operacionais como pressão, temperatura, vazão, condutividade, pH, velocidade, nível e umidade. O domínio dessas variáveis é fundamental para garantir a estabilidade do processo e a qualidade do produto final.

Nesse tipo de ambiente produtivo, a gestão da qualidade passou a ser estudada sob uma lógica distinta daquela aplicada aos sistemas de produção por peças ou unidades. Em processos contínuos, as operações ocorrem em fluxo constante, muitas vezes sem a possibilidade de interrupção para correções ou retrabalho. Assim, a qualidade precisa ser construída ao longo do próprio processo, e não apenas avaliada ao final. Beheshti e Lollar (2003) ressaltam que a gestão da qualidade se torna mais eficaz quando está integrada ao controle do processo e à cultura organizacional, sendo sustentada por metodologias estruturadas como o TQM (Total Quality Management). De forma complementar, Paladini (2008) enfatiza que, em sistemas contínuos, a gestão da qualidade deve estar incorporada ao fluxo produtivo e orientada à prevenção, de modo a evitar que falhas pontuais comprometam todo o sistema.

Com o amadurecimento desses estudos, a gestão da qualidade em indústrias de processo passou a depender de estruturas normativas e operacionais bem definidas. A norma ISO 9001:2015 consolidou-se como referência para a organização dos sistemas de gestão da qualidade, sendo frequentemente integrada a outras normas, como a ISO 14001:2015, voltada à gestão ambiental; a ISO 45001:2018, relacionada à segurança e saúde ocupacional; e a ISO 50001:2018, focada na eficiência energética. Em setores com maior rigor regulatório, como o farmacêutico e o alimentício, as Boas Práticas de Fabricação (GMP) também assumem papel central na garantia da conformidade e da segurança dos produtos.

Além das normas, a literatura e a prática industrial passaram a destacar a importância de ferramentas de gestão e controle para sustentar a melhoria contínua dos processos. O uso do ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Act), da FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos), do Seis Sigma, do MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) e do Controle Estatístico de Processo (CEP) permite o monitoramento sistemático das operações e a redução da

variabilidade. A Confederation of Indian Industry (CII, 2024) aponta que a combinação dessas práticas, incluindo a aplicação das normas ISO, do Seis Sigma e de estratégias de manutenção preventiva, tem resultado em ganhos concretos, como aumento da eficiência energética e maior estabilidade operacional. Em ambientes produtivos nos quais pequenas oscilações podem gerar impactos significativos, o monitoramento contínuo deixa de ser apenas uma recomendação técnica e passa a ser uma condição essencial para a manutenção da qualidade e da competitividade.

Dessa forma, compreender as especificidades da gestão da qualidade em indústrias de processo é essencial para a construção de instrumentos de diagnóstico capazes de avaliar não apenas o controle operacional, mas também a integração entre processos, pessoas e sistemas de gestão. No contexto desta pesquisa, essa compreensão fornece a base conceitual para analisar a gestão da qualidade no setor de evaporação, caracterizado por operações contínuas, alta interdependência entre etapas produtivas e forte sensibilidade a variações operacionais.

2.1.1 Evolução dos sistemas de Qualidade

A compreensão da evolução dos sistemas de gestão da qualidade é importante para situar como a qualidade passou de uma atividade operacional de inspeção para um elemento estratégico das organizações, perspectiva que fundamenta a estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa.

A forma como as organizações lidam com a qualidade mudou profundamente ao longo do tempo. O que antes era visto apenas como uma tarefa ligada à produção, voltada a encontrar defeitos no produto, hoje é entendido como parte essencial da estratégia e da cultura das empresas. Essa evolução dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) não aconteceu de uma hora para outra. Foi resultado de décadas de aprendizados, avanços tecnológicos, novas teorias e, principalmente, da necessidade constante de atender melhor às expectativas dos clientes e da sociedade (PALADINI, 2008; GARVIN, 1992).

No início do século XX, a qualidade era basicamente sinônimo de inspeção. Produzia-se em grande escala e, ao final da linha de montagem, verificava-se se os produtos atendiam aos padrões mínimos. Essa era a lógica adotada, por exemplo, nas fábricas da Ford: as peças defeituosas eram retrabalhadas ou simplesmente descartadas. O problema desse modelo é que ele gerava altos níveis de desperdício de tempo, recursos e oportunidades de melhoria. Como explica Garvin (1992), tratava-se de uma abordagem reativa e corretiva, em que os problemas só eram enfrentados depois que surgiam, e não ao longo do processo.

Esse cenário começou a mudar por volta da década de 1920, quando Walter Shewhart introduziu os gráficos de controle e o uso da estatística nos processos produtivos. A proposta era simples e revolucionária: acompanhar a produção em tempo real, identificar variações e evitar falhas antes que elas ocorressem. Garvin (1992) destaca que essa abordagem representou uma virada na gestão da qualidade, por tornar o processo mais científico, preventivo e eficiente.

Na sequência, a partir dos anos 1950, consolidou-se a chamada Garantia da Qualidade, período em que a qualidade deixou de ser responsabilidade apenas da produção e passou a envolver toda a organização. Setores como projeto, compras e engenharia começaram a ser incluídos nesse esforço. Desse período destacam-se três grandes contribuições: Armand Vallin Feigenbaum, que desde os anos 1950 desenvolvia sua proposta do Sistema Total de Qualidade, formalizada em sua obra seminal de 1961, defendendo que a qualidade deveria ser vista como um sistema integrado que perpassa todas as áreas da empresa; Joseph Juran, com a Trilogia da Qualidade (Planejamento, controle e melhoria); e Kaoru Ishikawa, que defendia o envolvimento de todos, desde a alta liderança até os operadores, além de propor ferramentas práticas como o diagrama de causa e efeito (FEIGENBAUM, 1994; JURAN; PACHECO, 2018). Seu modelo propõe uma abordagem sistêmica e participativa, baseada na cooperação entre setores, no envolvimento da alta direção e na integração entre planejamento, controle e melhoria. A grande contribuição de Feigenbaum foi mostrar que a qualidade não é resultado apenas de inspeções ou de procedimentos formais, mas da forma como toda a organização pensa, decide e age continuamente em busca da excelência. Essa perspectiva foi essencial para consolidar a transição do modelo tradicional para uma visão estratégica da qualidade.

A partir da década de 1970, a qualidade ganhou uma nova dimensão com a chamada Gestão da Qualidade Total (TQM). Aqui, a ideia era transformar a qualidade em um valor organizacional. Isso significava envolver todos os colaboradores, em todos os níveis, e alinhar os esforços com os objetivos estratégicos da empresa. William Edwards Deming e Philip Crosby foram referências nesse movimento. O primeiro difundiu o ciclo PDCA e defendeu a melhoria contínua; o segundo formulou o conceito de “zero defeitos” e a ideia de que investir em qualidade não é um custo, mas uma forma inteligente de economizar (BRAVIM *et al.*, 2020).

Com o passar dos anos, especialmente a partir dos anos 1980, cresceu a demanda por padrões reconhecidos internacionalmente. Foi nesse contexto que surgiram as normas ISO 9000, em especial a ISO 9001. Elas trouxeram uma estrutura mais clara para os SGQ, com foco em padronização, documentação e melhoria contínua. Além disso, abriram portas para a certificação, o que passou a ser um diferencial competitivo importante no mercado global (BRAVIM *et al.*, 2020; PACHECO, 2018).

A virada do século representou um ponto de inflexão, trazendo consigo novos desafios e oportunidades para as organizações. Nesse contexto, iniciou-se um movimento de integração dos sistemas de gestão da qualidade com outros sistemas, como os de gestão ambiental, de saúde e de segurança ocupacional. A revisão da norma ISO 9001, em 2015, consolidou essa tendência ao incorporar princípios como o pensamento baseado em risco, a liderança ativa e o foco em resultados sustentáveis. Conforme destacam Bravim et al. (2020), esse período marca um estágio de amadurecimento da gestão da qualidade, que passa a ser compreendida como uma ferramenta estratégica de governança organizacional.

Hoje, vivemos a era da Qualidade 4.0. Com o avanço das tecnologias digitais, os sistemas de gestão passaram a contar com recursos como inteligência artificial, *big data*, internet das coisas e *blockchain*. Esses recursos ampliam a capacidade das empresas de prever falhas, rastrear informações em tempo real e tomar decisões com base em dados concretos. Para Radziwill (2018), a Qualidade 4.0 representa uma continuidade e não uma ruptura daquilo que foi construído nas décadas anteriores. Ela aproveita os fundamentos clássicos, como o foco no cliente e a melhoria contínua, e os potencializa com o apoio da tecnologia.

Em resumo, a gestão da qualidade percorreu um caminho de profunda transformação. De uma prática pontual, voltada apenas para o produto, ela se tornou uma filosofia de gestão integrada, voltada para processos, pessoas, inovação e resultados sustentáveis. Essa trajetória mostra que a qualidade, mais do que um conceito técnico, é uma escolha estratégica e cada vez mais essencial para o sucesso das organizações no século XXI.

Em síntese, a evolução dos sistemas de gestão da qualidade evidencia a transição de uma abordagem centrada na inspeção para uma perspectiva estratégica e sistêmica da qualidade. Essa trajetória teórica sustenta a compreensão de que a qualidade depende da integração entre processos, pessoas, liderança e informação, fundamento que orienta a construção da estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa.

2.1.2 Ambientes industriais contínuos e suas especificidades

A compreensão das características dos ambientes industriais contínuos é essencial para contextualizar a aplicação da gestão da qualidade em processos produtivos altamente integrados, como ocorre no setor sucroenergético e, particularmente, no setor de evaporação.

Os ambientes industriais contínuos se destacam por operarem de forma ininterrupta, geralmente durante 24 horas por dia, todos os dias da semana. Essa lógica de funcionamento é típica de setores como o químico, petroquímico, siderúrgico, papel e celulose, e das usinas

sucroenergéticas. Nesses contextos, a produção flui de maneira constante, exigindo que todas as etapas do processo estejam perfeitamente integradas e sincronizadas (SLACK et al., 2009).

Qualquer interrupção ou falha pode gerar impactos significativos, tanto técnicos quanto econômicos. Grüner et al. (2023) destacam que essa continuidade operacional impõe uma série de exigências ao funcionamento das plantas: é preciso contar com sistemas confiáveis, altamente automatizados e com baixíssima tolerância a falhas. Ao contrário das indústrias que trabalham com produção em lotes, nos ambientes contínuos não há espaço para pausas ou ajustes frequentes. Por isso, o planejamento, o controle de processos e a engenharia precisam atuar de forma muito precisa e integrada.

Além disso, a gestão desses ambientes exige um forte alinhamento entre diferentes áreas da organização. Como observam Cameron et al. (2022), é essencial que engenharia, operação e manutenção estejam conectadas desde as etapas iniciais de projeto até a rotina de operação. Nesse sentido, o uso de tecnologias digitais vem ganhando cada vez mais espaço, especialmente por facilitar a visualização integrada de dados e a tomada de decisões baseadas em informações confiáveis.

Uma tendência importante nesse cenário é a adoção de plantas modulares. Essa estratégia, segundo GRÜNER et al. (2023), permite mais flexibilidade e agilidade na construção e na adaptação das unidades industriais. Em vez de montar uma estrutura rígida e única, os módulos padronizados podem ser combinados conforme a necessidade, reduzindo o tempo de implantação e facilitando futuras expansões ou manutenções.

Ainda assim, mesmo com os avanços tecnológicos, implementar práticas de melhoria contínua nesses ambientes pode ser um desafio. Estudos mostram que, embora filosofias como Lean Manufacturing sejam amplamente reconhecidas por seus benefícios na redução de desperdícios e aumento de eficiência, sua aplicação em operações produtivas exige adaptações específicas às características dos processos, muitas vezes enfrentando resistência cultural, limitações tecnológicas e dificuldades práticas de integração no fluxo produtivo estabelecido (SOUZA; PAULO, 2024).

Por fim, Hegde (2022) lembra que nenhuma melhoria técnica se sustenta sem o envolvimento das pessoas. A eficácia das práticas de gestão depende diretamente da preparação das equipes, do engajamento dos colaboradores e do alinhamento entre os objetivos estratégicos e a realidade do chão de fábrica. Em ambientes contínuos, onde cada segundo de produção importa, o fator humano continua sendo um dos principais diferenciais para garantir eficiência, qualidade e segurança operacional.

Dessa forma, as especificidades dos ambientes industriais contínuos reforçam a necessidade de instrumentos de gestão da qualidade capazes de considerar a forte interdependência entre processos, tecnologia e pessoas. No contexto desta pesquisa, essas características ajudam a compreender a complexidade operacional do setor de evaporação e justificam a adoção de uma abordagem sistêmica para o diagnóstico da gestão da qualidade nesse ambiente produtivo.

2.1.3 Princípios da gestão da qualidade total (TQM) no setor sucroenergético

A Gestão da Qualidade Total (TQM) constitui um dos principais referenciais conceituais para compreender a qualidade como um sistema integrado de gestão. Seus princípios oferecem a base teórica para a análise das dimensões estratégicas, operacionais e humanas consideradas na estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa.

A Gestão da Qualidade Total (TQM – Total Quality Management) é uma filosofia de gestão que busca integrar todos os setores da organização em uma cultura voltada à excelência. Mais do que um conjunto de técnicas ou ferramentas, o TQM representa uma mudança profunda na forma como as empresas encaram a qualidade, tratando-a como uma responsabilidade compartilhada e um compromisso de longo prazo com a melhoria contínua, a eficiência e a satisfação dos clientes (POISSON, 2018).

O modelo se sustenta sobre um conjunto de princípios interligados, entre os quais se destacam: o foco no cliente, a liderança comprometida, o envolvimento de todos os colaboradores, a padronização dos processos, a melhoria contínua e a tomada de decisão baseada em dados. Esses pilares formam uma base estratégica para transformar os processos internos, alinhar objetivos organizacionais e fortalecer a competitividade da empresa (BERNARDO, 2021; BERK; BERK, 1997).

O foco no cliente, por exemplo, não se limita à entrega de um produto conforme especificações, mas envolve compreender e antecipar necessidades, superando expectativas com soluções ágeis e confiáveis. Isso vale tanto para o cliente externo quanto para os clientes internos, reforçando a importância de uma cadeia integrada de valor (POISSON, 2018). No setor sucroenergético, esse princípio se reflete na necessidade de manter padrões de pureza do açúcar, estabilidade do etanol, rastreabilidade dos lotes e cumprimento rigoroso de normas sanitárias e ambientais.

Outro elemento essencial é o comprometimento da liderança. Para Berk e Berk (1997), a gestão da qualidade total começa no topo: cabe à alta direção estabelecer a visão de qualidade, engajar equipes, eliminar barreiras internas e alocar os recursos necessários para a sustentação

do sistema. Sem essa liderança ativa e coerente, a TQM tende a se esvaziar e virar apenas discurso institucional (BERK; BERK, 1997). Em usinas, isso significa que os gestores devem ir além do controle de produção: precisam atuar como facilitadores da melhoria, apoiando a padronização de processos operacionais, investindo em treinamentos técnicos e promovendo ações que incentivem a cultura da qualidade no chão de fábrica.

A melhoria contínua, por sua vez, é o fio condutor de toda a filosofia TQM. Estruturada com base no ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), ela permite revisões sistemáticas de processos, com foco na identificação de gargalos, eliminação de desperdícios e aumento de produtividade. Em unidades produtoras de açúcar e etanol, onde pequenas variações no processo de evaporação, por exemplo, podem comprometer a eficiência energética e a recuperação industrial, a aplicação do PDCA se torna uma ferramenta indispensável para o controle operacional e o aprimoramento técnico constante (POISSON, 2018; STRACHMAN; PUPIN, 2011).

O envolvimento das pessoas é outro fator destacado por Berk e Berk (1997). Segundo os autores, a qualidade deve ser construída por todos e com todos. Isso significa que operadores, técnicos, engenheiros e gestores precisam estar capacitados e motivados a participar ativamente do processo de melhoria. Isso envolve desde sugestões práticas até a liderança de pequenos grupos de solução de problemas. A experiência no setor sucroenergético mostra que equipes bem treinadas e alinhadas com os objetivos da qualidade são mais ágeis na resolução de falhas, mais engajadas na prevenção de perdas e mais sensíveis a oportunidades de inovação no processo.

Outro ponto essencial é a tomada de decisão baseada em dados. A TQM exige que as organizações abandonem decisões intuitivas ou baseadas apenas na experiência, priorizando análises técnicas, medições de desempenho e uso de ferramentas estatísticas. Berk e Berk (1997) destacam o uso de gráficos de controle, histogramas e diagramas de Pareto como exemplos de instrumentos que ajudam a identificar desvios e priorizar ações corretivas. No contexto das usinas, a medição constante de parâmetros como brix, pureza, pressão de vapor, vazões e perdas energéticas é vital para garantir estabilidade e confiabilidade ao processo produtivo (SOARES, 2019).

A padronização dos processos também se insere como um pilar fundamental, pois permite que as atividades sejam realizadas de forma repetível, previsível e eficiente. Para Bernardo (2021), processos padronizados reduzem a variabilidade, facilitam o treinamento de novos operadores e servem como base para ações de melhoria. No setor sucroenergético, isso se aplica à condução das moendas, ao controle da evaporação, à limpeza dos equipamentos e à

segurança operacional, áreas nas quais desvios podem comprometer o rendimento e a qualidade do produto.

Além disso, a abordagem sistêmica, defendida por autores como Berk e Berk (1997), reforça a necessidade de ver a organização como um conjunto interdependente de processos. No setor sucroenergético, essa visão é especialmente crítica, pois os resultados da etapa agrícola impactam diretamente o desempenho industrial. Ao integrar áreas como colheita, transporte, extração e evaporação sob um mesmo olhar de qualidade, é possível garantir maior consistência nos resultados e reduzir perdas em pontos de interface entre setores.

Por fim, a relação com fornecedores, apontada por Berk e Berk (1997) como um dos fundamentos do TQM, também ganha destaque. Em vez de relações baseadas apenas em custo, o modelo propõe parcerias estratégicas, construídas com base em confiança, transparência e objetivos comuns. Para as usinas, isso significa buscar fornecedores de insumos, serviços e tecnologias que compartilhem a mesma visão de qualidade e estejam comprometidos com a excelência.

Em resumo, a TQM oferece ao setor sucroenergético não apenas ferramentas, mas uma filosofia integrada capaz de orientar decisões, promover melhorias sustentáveis e construir uma cultura organizacional voltada ao desempenho de alto nível. A adoção desses princípios, quando feita de forma estruturada, fortalece a competitividade das usinas, eleva a confiabilidade de seus processos e contribui para a construção de um modelo de negócio mais eficiente, seguro e alinhado às exigências de mercado (BERK; BERK, 1997).

Em síntese, os princípios da Gestão da Qualidade Total reforçam a compreensão da qualidade como um sistema integrado de gestão, sustentado pela articulação entre estratégia, processos, pessoas, informação e melhoria contínua. Esses elementos constituem a base conceitual para a definição das dimensões e subsistemas considerados na estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade proposta para o setor de evaporação.

2.1.4 Sistema Controle da Qualidade Total de Feigenbaum (TQC)

A compreensão da qualidade como um sistema organizacional integrado foi fortemente influenciada pelo trabalho de Armand Vallin Feigenbaum, que introduziu o conceito de Controle da Qualidade Total (Total Quality Control — TQC). Esse referencial teórico contribui para fundamentar a análise da gestão da qualidade como um conjunto de subsistemas interdependentes, perspectiva adotada na estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa (FEIGENBAUM, 1994; PALADINI, 2008).

O Controle da Qualidade Total representa uma mudança importante na forma de compreender a qualidade nas organizações. Em vez de tratá-la como uma atividade restrita à inspeção final do produto ou ao controle da produção, o modelo propõe que a qualidade seja construída ao longo de todo o processo organizacional, envolvendo diferentes áreas da empresa de maneira coordenada (FEIGENBAUM, 1994). Nesse sentido, a qualidade passa a ser entendida como resultado da integração entre planejamento, controle e melhoria contínua, articulando decisões estratégicas, processos operacionais e práticas gerenciais (PALADINI, 2008).

De acordo com Feigenbaum (1994), o Controle da Qualidade Total se estrutura a partir de princípios que orientam a organização da qualidade como um sistema integrado de gestão. Entre esses princípios, destacam-se:

- a) a qualidade como responsabilidade de toda a organização, e não apenas de um departamento específico;
- b) a integração entre funções organizacionais, envolvendo engenharia, produção, manutenção, suprimentos e gestão;
- c) o planejamento da qualidade como atividade estratégica, articulado aos objetivos organizacionais;
- d) o controle sistemático dos processos, com monitoramento contínuo do desempenho;
- e) a melhoria contínua como prática permanente, voltada à redução de falhas e desperdícios;
- f) a orientação ao cliente, entendendo a qualidade como valor percebido ao longo de toda a cadeia produtiva.

Esses princípios reforçam a ideia de que a qualidade não é resultado de ações isoladas, mas da coordenação entre processos, pessoas e informação ao longo de todo o sistema produtivo.

A literatura posterior sobre gestão da qualidade reconhece o TQC como uma das bases conceituais para o desenvolvimento da Gestão da Qualidade Total (TQM) e dos sistemas normativos de gestão da qualidade. Ao enfatizar a integração entre processos, pessoas e informação, o modelo contribuiu para deslocar a qualidade do nível operacional para o nível estratégico das organizações, consolidando-a como elemento central da competitividade e da governança organizacional (PALADINI, 2008; OAKLAND, 2014).

No contexto das indústrias de processo, como o setor sucoenergético, essa abordagem sistêmica torna-se especialmente relevante. A forte interdependência entre as etapas produtivas

exige que a qualidade seja gerida de forma integrada, considerando simultaneamente aspectos técnicos, operacionais e gerenciais (PALADINI, 2008). Em ambientes produtivos contínuos, como o setor de evaporação, falhas localizadas podem comprometer todo o sistema produtivo, o que reforça a importância de uma estrutura organizacional capaz de coordenar processos, pessoas e informações em torno da qualidade.

Assim, o Controle da Qualidade Total fornece um referencial conceitual importante para compreender a gestão da qualidade como um conjunto de subsistemas inter-relacionados. Essa perspectiva sustenta a concepção da estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa, que analisa a qualidade a partir da integração entre dimensões estratégicas, operacionais e organizacionais no setor de evaporação das usinas sucroenergéticas (FEIGENBAUM, 1994; OAKLAND, 2014).

2.1.5 Relação entre estrutura da qualidade e desempenho operacional

A relação entre a estrutura da gestão da qualidade e o desempenho operacional das organizações constitui um elemento central para compreender como sistemas de qualidade influenciam resultados produtivos, especialmente em ambientes industriais contínuos como o setor sucroenergético.

Em um cenário industrial marcado por transformações tecnológicas, exigências ambientais e pressão por competitividade, torna-se cada vez mais essencial que as empresas busquem excelência de forma integrada. Nesse contexto, qualidade, eficiência energética e desempenho operacional deixam de ser áreas isoladas e passam a caminhar juntas como pilares estratégicos para a sustentabilidade dos negócios (ISO, 2018; CII, 2024).

A qualidade, nesse contexto, não se resume apenas à conformidade dos produtos com padrões técnicos. Ela se manifesta na consistência dos processos, na entrega de valor ao cliente e na capacidade da empresa de aprender e melhorar continuamente. Beheshti e Lollar (2003) destacam que uma gestão da qualidade bem estruturada contribui diretamente para a eficiência dos processos, ao reduzir desperdícios, minimizar retrabalho e padronizar rotinas produtivas.

Esse compromisso com a qualidade ganha ainda mais relevância quando se observa o papel da eficiência energética no desempenho organizacional. A norma ABNT NBR ISO 50001:2018 estabelece que a melhoria do desempenho energético não é apenas uma ação ambientalmente responsável, mas também uma estratégia eficaz para redução de custos e aumento da competitividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,

2018). Ao integrar a gestão da qualidade com o controle energético, as organizações passam a operar com mais inteligência e menos desperdício.

No setor sucroenergético, esse alinhamento entre qualidade e energia faz toda a diferença. Trata-se de um setor intensivo no uso de vapor e energia térmica, onde o aproveitamento eficiente dos recursos como o bagaço da cana para cogeração impacta diretamente os indicadores operacionais. Lavarack et al. (2004), ao estudarem uma usina australiana, mostraram como ajustes nos sistemas de vapor e nos evaporadores resultaram em ganhos expressivos de eficiência, com redução do consumo de energia e aumento da geração de excedente elétrico.

Casos semelhantes foram registrados por Sivrioğlu (2018), que analisou uma planta de produção de açúcar na Turquia. Nessa unidade, a combinação entre auditorias energéticas, análise de dados e reorganização de processos permitiu identificar pontos de perda e otimizar o desempenho de equipamentos críticos, como caldeiras e turbinas. Esses exemplos reforçam a importância de enxergar o sistema produtivo de forma integrada, em que energia, qualidade e desempenho estão interligados e avançam de maneira conjunta.

Nesse sentido, as ferramentas de diagnóstico energético desempenham papel essencial. Sonaje (2017) ressalta que, ao mapear o consumo de energia por setor dentro da usina, é possível localizar gargalos e propor intervenções específicas, como melhorias no isolamento térmico, revisão de tempos de limpeza ou ajustes em trocadores de calor. Essas ações, embora muitas vezes simples, têm reflexo direto tanto na eficiência quanto na estabilidade da produção.

No entanto, não se trata apenas de técnica. A forma como a empresa gerencia essas informações também faz diferença. Segundo a Confederation of Indian Industry (2024), usinas que adotaram sistemas de monitoramento energético em tempo real e integraram esses dados à gestão da qualidade apresentaram avanços significativos em todos os indicadores de desempenho da redução do consumo por tonelada de cana até o aumento da produtividade final.

Assim, a relação entre estrutura da qualidade e desempenho operacional reforça a importância de instrumentos capazes de avaliar, de forma sistemática, como a gestão da qualidade está organizada em ambientes industriais contínuos. Essa compreensão sustenta a proposta de diagnóstico desenvolvida nesta pesquisa, que busca analisar a gestão da qualidade no setor de evaporação como um fator diretamente associado ao desempenho operacional e à eficiência energética das usinas sucroenergéticas.

2.2 Normas técnicas aplicáveis à gestão da qualidade

A consolidação da gestão da qualidade nas organizações industriais está fortemente associada ao desenvolvimento de normas técnicas que orientam a estruturação dos sistemas de gestão, a padronização de processos e a melhoria contínua. Essas normas fornecem diretrizes reconhecidas internacionalmente para organizar práticas gerenciais, definir responsabilidades, estabelecer procedimentos e monitorar o desempenho organizacional.

No contexto da gestão da qualidade, as normas da família ISO destacam-se como referência para a implementação, avaliação e auditoria de sistemas de gestão. Mais do que instrumentos de certificação, essas normas representam modelos estruturados de organização da qualidade, contribuindo para alinhar processos operacionais, práticas gerenciais e objetivos estratégicos das organizações.

Para ambientes industriais contínuos, como o setor sucroenergético, a adoção de sistemas normativos de gestão da qualidade assume papel ainda mais relevante. A interdependência entre subprocessos produtivos, a necessidade de estabilidade operacional e a busca por eficiência energética exigem estruturas organizacionais capazes de garantir padronização, rastreabilidade e controle sistemático das atividades.

Neste estudo, três normas são particularmente relevantes para a compreensão da gestão da qualidade: a ISO 9001:2015, que estabelece requisitos para sistemas de gestão da qualidade; a ISO 9004:2018, que orienta a avaliação do desempenho organizacional e da maturidade da gestão; e a ISO 19011:2018, que fornece diretrizes para auditorias de sistemas de gestão. Em conjunto, essas normas oferecem fundamentos conceituais e operacionais que contribuem para a construção da estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa.

Dessa forma, o presente eixo da fundamentação teórica apresenta os princípios e contribuições dessas normas para a organização da gestão da qualidade, destacando sua relação com a avaliação de desempenho organizacional e com a estruturação de instrumentos de diagnóstico aplicáveis ao setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.2.1 ISO 9001:2015 – Princípios e Estrutura

A norma ISO 9001:2015 constitui a principal referência internacional para a implementação de sistemas de gestão da qualidade, estabelecendo requisitos que orientam a organização de processos, responsabilidades e práticas de melhoria contínua nas organizações. No contexto desta pesquisa, esses elementos dialogam diretamente com a estrutura de diagnóstico proposta, especialmente no que se refere à padronização de processos, definição de

responsabilidades, uso de indicadores e monitoramento sistemático do desempenho da qualidade.

Quando se fala em gestão da qualidade, é praticamente impossível não mencionar a ISO 9001:2015. Trata-se da norma mais utilizada no mundo para estruturar sistemas de gestão voltados à qualidade. Mais do que um modelo para obter certificação, ela é uma ferramenta estratégica que ajuda as organizações a se organizarem melhor, oferecerem produtos e serviços com mais consistência e se manterem em um processo contínuo de melhoria (ABNT, 2015).

1. Foco no cliente – O cliente é o centro de todo o sistema de gestão. Compreender suas necessidades, atendê-las e, sempre que possível, superá-las é essencial para manter a competitividade.
2. Liderança – Líderes comprometidos e com visão clara criam um ambiente propício à participação, ao alinhamento de objetivos e ao engajamento das pessoas com o propósito da organização.
3. Engajamento das pessoas – O envolvimento ativo dos colaboradores, em todos os níveis, é indispensável para o funcionamento eficaz dos processos e o alcance dos objetivos organizacionais.
4. Abordagem por processos – Compreender as atividades da organização como uma cadeia interligada de processos permite maior controle, previsibilidade e eficiência nos resultados.
5. Melhoria contínua – A busca constante por aperfeiçoamento deve fazer parte da cultura organizacional, promovendo inovação e adaptabilidade.
6. Tomada de decisão baseada em evidências – Decisões eficazes exigem análise de dados confiáveis e base sólida de informações, evitando achismos ou julgamentos subjetivos.
7. Gestão de relacionamento – Estabelecer relações duradouras e de confiança com partes interessadas, como fornecedores e clientes, fortalece a sustentabilidade e a resiliência do negócio (ISO, 2018).

A estrutura da norma foi desenhada de forma a facilitar a integração com outros sistemas de gestão, como os de meio ambiente (ISO 14001) e saúde e segurança (ISO 45001). Essa padronização de estrutura, conhecida como Anexo SL, torna mais fácil para as empresas aplicarem várias normas ao mesmo tempo, otimizando recursos e esforços.

Além disso, a versão 2015 trouxe mudanças importantes, como a abordagem baseada em riscos, que exige que a organização antecipe problemas e atue de forma preventiva. Também houve um reforço na responsabilidade da alta direção, que agora precisa estar diretamente

envolvida na condução do sistema de gestão da qualidade, não apenas delegar a função a um setor isolado (ISO, 2015).

Conforme destaca Paladini (2008), a gestão da qualidade deve ser integrada ao planejamento estratégico da organização e deve envolver todos os níveis hierárquicos, de forma a garantir resultados sustentáveis e compatíveis com as exigências do mercado.

No contexto desta pesquisa, esses princípios fornecem base conceitual para a organização das dimensões da gestão da qualidade consideradas na estrutura de diagnóstico proposta, especialmente no que se refere à padronização de rotinas, ao monitoramento de indicadores e à integração entre planejamento, execução e controle da qualidade no setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.2.2 ISO 9004:2018 avaliação do desempenho organizacional e maturidade

A ISO 9004:2018 pode ser vista como um passo além da ISO 9001. Enquanto esta foca em atender requisitos mínimos para manter um sistema de gestão da qualidade funcionando, a 9004 propõe algo mais profundo: ajudar a organização a amadurecer sua gestão e alcançar resultados sustentáveis ao longo do tempo. Em vez de tratar apenas da conformidade, ela convida a olhar para o futuro e pensar em como evoluir continuamente (ISO, 2018).

Essa norma não é voltada para certificações. Na verdade, seu propósito é oferecer uma espécie de bússola para que as empresas façam uma autoavaliação sincera e identifiquem o nível de maturidade da sua gestão. Ela traz um modelo estruturado que permite avaliar aspectos como liderança, estratégia, cultura organizacional, gestão de processos, uso de recursos e até mesmo a capacidade de inovar. A ideia é entender em que ponto a empresa está, o que está funcionando bem e o que pode ser aprimorado. De acordo com a Fundação Nacional da Qualidade (2022), o Modelo de Excelência da Gestão (MEG) foi desenvolvido para apoiar organizações na identificação de oportunidades de melhoria e no alcance de resultados sustentáveis por meio de uma gestão estruturada e sistêmica.

O grande mérito da ISO 9004 é que ela ajuda a enxergar a organização como um sistema vivo, que precisa se adaptar, aprender com seus próprios resultados e agir de forma coerente com seus valores e objetivos. Ela reconhece que o sucesso não vem apenas de processos bem definidos, mas da capacidade de alinhar propósito, pessoas e desempenho de forma equilibrada. De acordo com a ISO (2018), a norma 9004 fornece diretrizes para alcançar o sucesso sustentado por meio de uma abordagem de gestão da qualidade mais ampla, considerando o ambiente dinâmico e os múltiplos fatores que afetam o desempenho organizacional.

Outro ponto forte é que a norma estimula a criação de uma cultura voltada para a inovação e a aprendizagem contínua. Isso significa que não basta manter os processos rodando: é preciso questioná-los, aperfeiçoá-los e buscar novas formas de gerar valor. Essa lógica faz muito sentido em setores como o sucroenergético, onde a eficiência dos processos e a capacidade de reagir a mudanças como variações no clima, na qualidade da matéria-prima ou na demanda do mercado são essenciais para manter a competitividade. Conforme orienta a ISO (2018), o sucesso sustentado está diretamente relacionado à capacidade da organização de se adaptar proativamente, promover a inovação e criar uma cultura de melhoria contínua.

Aplicar os princípios da ISO 9004 pode trazer benefícios concretos para qualquer organização que já tenha uma estrutura de qualidade consolidada. Mais do que atender normas, trata-se de desenvolver uma gestão madura, com visão de longo prazo, capaz de tomar decisões com base em dados e alinhada às expectativas de todos os envolvidos no processo sejam clientes, colaboradores, fornecedores ou a própria sociedade. De acordo com a ISO (2018), a norma orienta as organizações a buscarem o sucesso sustentado por meio de uma abordagem mais abrangente da qualidade, que considera o desempenho global da organização e o equilíbrio entre os interesses das partes interessadas.

No contexto desta pesquisa, a abordagem de maturidade organizacional contribui para fundamentar a lógica de avaliação presente na estrutura de diagnóstico proposta. A análise da gestão da qualidade no setor de evaporação não se limita à verificação de práticas isoladas, mas busca compreender o grau de desenvolvimento dos subsistemas da qualidade e sua integração no ambiente produtivo.

Em ambientes industriais contínuos, como o setor sucroenergético, a avaliação da maturidade da gestão da qualidade torna-se particularmente relevante. A estabilidade operacional, a eficiência energética e a confiabilidade dos processos dependem não apenas de tecnologias e equipamentos, mas também do nível de desenvolvimento das práticas gerenciais e da capacidade organizacional de promover melhoria contínua.

Assim, a ISO 9004:2018 fornece um referencial conceitual importante para compreender a gestão da qualidade como um processo evolutivo, orientado à maturidade organizacional e ao desempenho sustentado. Esses elementos contribuem para fundamentar a abordagem diagnóstica adotada nesta pesquisa, que busca avaliar a gestão da qualidade no setor de evaporação sob uma perspectiva sistêmica e evolutiva.

2.2.3 ISO 19011:2018 diretrizes para auditorias de sistemas de gestão

Após a discussão sobre a estrutura dos sistemas de gestão da qualidade e a avaliação do desempenho organizacional, torna-se necessário compreender os mecanismos de verificação e avaliação desses sistemas. Nesse contexto, a norma ISO 19011:2018 fornece diretrizes para auditorias de sistemas de gestão, orientando a condução de processos de avaliação sistemática e independente das práticas organizacionais (ABNT, 2018).

Auditar um sistema de gestão vai muito além de checar planilhas, conferir formulários ou apontar o que está certo ou errado. É, na verdade, um processo que ajuda a organização a se enxergar de forma mais clara e a entender como seus processos realmente funcionam na prática. A ISO 19011:2018 surge justamente para orientar esse processo de maneira estruturada, eficiente e, acima de tudo, útil para quem quer melhorar continuamente (ISO, 2018).

Essa norma traz diretrizes que ajudam a planejar, conduzir e acompanhar auditorias tanto internas quanto externas. Ela pode ser aplicada em auditorias de sistemas de qualidade, meio ambiente, segurança, energia, entre outros o que a torna extremamente versátil e valiosa para organizações que adotam mais de um sistema de gestão. Mais do que dizer o que fazer, a ISO 19011 ajuda a entender como tornar a auditoria um processo construtivo, que realmente contribua para o crescimento da empresa.

Um dos pontos mais interessantes da norma é o foco na abordagem baseada em riscos. Isso significa que, ao invés de auditar tudo com o mesmo peso, o auditor deve priorizar as áreas mais sensíveis ou críticas para o desempenho da organização. Dessa forma, a auditoria deixa de ser uma atividade burocrática e passa a ser uma ferramenta inteligente de tomada de decisão. Segundo a ISO (2015), o pensamento baseado em risco é essencial para melhorar a eficácia do sistema de gestão da qualidade, aumentar a satisfação do cliente e garantir resultados consistentes.

Outro aspecto essencial é a formação e competência dos auditores. A ISO 19011 reforça que não basta conhecer os requisitos das normas é preciso ter visão crítica, imparcialidade, boa comunicação e sensibilidade para lidar com diferentes contextos e pessoas. Afinal, uma auditoria bem-feita não é aquela que apenas encontra não conformidades, mas sim aquela que contribui para melhorar o ambiente de trabalho, a eficiência dos processos e a confiança das pessoas no sistema. Segundo a ISO (2018), o auditor deve demonstrar atributos como integridade, mente aberta, diplomacia, observação, percepção e adaptabilidade, pois esses fatores influenciam diretamente na eficácia da auditoria.

Em ambientes industriais complexos, como nas usinas sucroenergéticas, as auditorias são ainda mais relevantes. Elas ajudam a garantir que os procedimentos sejam seguidos com segurança, que os padrões sejam mantidos mesmo sob pressão e que os riscos operacionais estejam sendo monitorados com seriedade. E mais: uma auditoria bem conduzida pode revelar oportunidades de economia, de inovação e de melhorias que nem sempre são visíveis no dia a dia. De acordo com a ISO (2018), auditorias eficazes fornecem informações que apoiam a tomada de decisões, identificam oportunidades de melhoria e fortalecem a confiança na conformidade e no desempenho do sistema de gestão.

A norma também valoriza o que acontece depois da auditoria. Não basta fazer um relatório e arquivar. É preciso transformar as descobertas em ações reais, aprender com os erros e compartilhar o conhecimento gerado durante o processo com as equipes. Quando isso acontece, a auditoria deixa de ser vista como um momento de tensão e passa a ser reconhecida como um instrumento estratégico de evolução. Segundo a ISO (2018), os resultados da auditoria devem ser utilizados para apoiar a melhoria do sistema de gestão e devem ser comunicados de forma clara e útil para as partes interessadas, promovendo o aprendizado e o aprimoramento contínuo.

Por fim, a ISO 19011:2018 oferece um referencial metodológico importante para a realização de avaliações sistemáticas da gestão da qualidade. No contexto desta pesquisa, seus princípios contribuem para fundamentar a lógica de verificação e análise presente na estrutura de diagnóstico proposta, especialmente no que se refere à coleta de evidências, à avaliação de práticas organizacionais e à interpretação dos resultados do diagnóstico aplicado ao setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.3 Modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade

Os modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade são ferramentas essenciais para que as organizações compreendam seu estágio atual e identifiquem oportunidades de avanço em relação à qualidade de seus processos e resultados. Os modelos de diagnóstico funcionam como uma espécie de mapa, que orienta a análise dos pontos fortes, das falhas e das oportunidades de melhoria. Ao utilizá-los, as empresas conseguem não apenas identificar seus desafios, mas também construir caminhos mais claros para alcançar a excelência. Silva (2019) demonstra que, ao aplicar o Modelo de Excelência da Gestão (MEG) em uma agroindústria do setor sucroenergético, é possível mensurar o nível de maturidade da gestão e direcionar ações concretas de melhoria.

De acordo com Oldemburgo (2025), a certificação ISO pode ser compreendida como uma ferramenta de diagnóstico organizacional, capaz de revelar, de forma prática, os fatores que limitam o desempenho das organizações, ao mesmo tempo em que evidencia seu potencial de crescimento e transformação. No setor sucroenergético, onde há grande complexidade entre as etapas agrícolas e industriais, essa abordagem se mostra ainda mais relevante. A autora analisa como a certificação contribui para alinhar padrões de qualidade, reduzir custos de transação e reforçar valores organizacionais, promovendo uma gestão mais integrada e eficiente da produção.

Na mesma linha, Arraes e Vilela Filho (2014) reforçam que aplicar modelos de avaliação da qualidade em usinas sucroenergéticas ajuda a compreender o grau de maturidade da gestão. Essa compreensão, por sua vez, facilita a adoção de práticas mais organizadas e sustentáveis, que trazem melhorias concretas para o desempenho da empresa. Os modelos costumam trabalhar com critérios bem definidos, como liderança, estratégia, gestão de pessoas, processos e resultados, podendo incluir também aspectos como inovação e cultura organizacional. Alguns, como o proposto por Dumke de Medeiros et al. (1999), ainda integram parâmetros baseados em normas técnicas, como a ISO 9001, o que permite que as organizações estejam preparadas para auditorias e certificações.

2.3.1 Conceito de modelos de diagnóstico organizacional modelos de referencias

Um modelo de diagnóstico organizacional pode ser entendido como uma ferramenta estruturada que tem por objetivo analisar o funcionamento interno de uma organização, identificar falhas, mapear oportunidades de melhoria e orientar decisões estratégicas com base em dados concretos. Esses modelos permitem que gestores tenham uma visão sistêmica da empresa, compreendendo como diferentes áreas se conectam e influenciam os resultados.

Segundo Dumke de Medeiros et al. (1999), um bom modelo de diagnóstico deve contemplar variáveis-chave como liderança, cultura organizacional, estrutura, processos, recursos e resultados. A partir dessa base, torna-se possível avaliar o grau de aderência da organização a padrões de excelência e preparar-se para processos de melhoria ou mesmo certificações.

Arraes e Vilela Filho (2014) reforça que, especialmente em setores industriais como o sucroenergético, a aplicação de modelos de diagnóstico bem estruturados é fundamental para lidar com a complexidade das operações e com a exigência por desempenho constante. A autora

propõe um modelo de diagnóstico que combina aspectos da gestão da qualidade total, cultura organizacional e eficiência operacional, voltado para a realidade das usinas.

Esses modelos são frequentemente baseados em referenciais consolidados nacional e internacionalmente, como o Modelo de Excelência da Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), o Prêmio Malcolm Baldrige dos Estados Unidos e o Modelo Europeu de Excelência em Gestão (EFQM). Cada um deles oferece uma estrutura própria de avaliação, mas compartilham uma base comum centrada em resultados, liderança, estratégia e gestão de pessoas e processos. Conforme destaca a Fundação Nacional da Qualidade (2017), o MEG apoia a avaliação da maturidade da gestão por meio de fundamentos que incluem pensamento sistêmico, aprendizado organizacional e geração de valor. O *National Institute of Standards and Technology* (2017), responsável pelo Prêmio Malcolm Baldrige, estrutura seu modelo com foco em liderança, estratégia, clientes, mensuração, força de trabalho, operações e resultados. Já a *European Foundation for Quality Management* (2013) enfatiza uma abordagem integrada baseada em inovação, sustentabilidade, liderança inspiradora e excelência em processos.

Silva et al. (2015) destacam que esses referenciais contribuem significativamente para a construção de uma cultura de avaliação contínua, que fortalece o aprendizado organizacional. No caso do setor sucroenergético, adaptá-los à realidade de cada usina permite não apenas diagnosticar problemas, mas também estimular a evolução dos sistemas de gestão com foco em excelência, sustentabilidade e competitividade.

Assim, os modelos de diagnóstico organizacional não devem ser vistos apenas como instrumentos de avaliação técnica, mas como catalisadores de transformação. Utilizá-los com base em modelos de referência reconhecidos permite às empresas alinharem suas práticas aos padrões globais de gestão e, ao mesmo tempo, desenvolverem soluções compatíveis com suas especificidades. De acordo com a Fundação Nacional da Qualidade (2017), modelos como o MEG promovem uma visão integrada da gestão, orientada por resultados sustentáveis, adaptação ao contexto e desenvolvimento da cultura organizacional.

Assim, os modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade fornecem referenciais estruturados para analisar o nível de desenvolvimento da gestão organizacional, contribuindo para fundamentar a concepção da estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa, voltada à avaliação da gestão da qualidade no setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.3.2 Modelo de excelência da fundação nacional da qualidade (FNQ)

O Modelo de Excelência da Gestão (MEG), criado pela Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), é uma das principais referências no Brasil quando o assunto é avaliar e

melhorar a gestão das organizações. Ele foi inspirado em modelos internacionais consolidados, como o Prêmio Malcolm Baldrige, dos Estados Unidos, e o modelo europeu EFQM. Com base nessas influências, o MEG foi adaptado à realidade brasileira para ajudar empresas a alcançar altos níveis de desempenho de forma sustentável (FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE, 2022).

Esse modelo se apoia em oito fundamentos essenciais para a excelência na gestão: pensamento sistêmico, aprendizado organizacional e inovação, liderança transformadora, compromisso com as partes interessadas, adaptabilidade, desenvolvimento sustentável, orientação por processos e geração de valor (FNQ, 2022). A partir desses fundamentos, as organizações são incentivadas a refletir sobre suas práticas, identificar pontos de melhoria e alinhar suas ações com uma visão mais estratégica e integrada.

No caso do setor sucroenergético, o MEG pode ter um papel muito relevante. Em uma pesquisa feita com micro e pequenas empresas industriais, Leite et al. (2024) observaram que três dimensões do modelo Clientes, Informação e Conhecimento, e Pessoas têm impacto direto no desempenho da inovação. A dimensão "Pessoas", em especial, foi apontada como decisiva para impulsionar melhorias e promover a inovação nas empresas.

Além disso, um estudo conduzido por Matsumoto et al. (2015), com 44 micro e pequenas empresas, mostrou que o MEG é viável mesmo em organizações menores. Os resultados indicaram que essas empresas já demonstravam um bom controle dos resultados e preocupação com a satisfação dos clientes, mas ainda tinham dificuldades em desenvolver estratégias e conhecer melhor seus concorrentes. Mesmo assim, o uso do modelo ajudou a identificar essas fragilidades e apoiar a busca por melhorias mais consistentes. Assim, o Modelo de Excelência da Gestão oferece um referencial estruturado para avaliar práticas organizacionais e o nível de desenvolvimento da gestão da qualidade.

No contexto desta pesquisa, seus fundamentos e critérios contribuem para a compreensão da qualidade como um sistema integrado de gestão, fornecendo base conceitual para a organização das dimensões consideradas na estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.3.3 Modelo de Malcolm Baldrige

O Modelo de Excelência do Prêmio Malcolm Baldrige foi criado nos Estados Unidos em 1987, com o objetivo de estimular a competitividade das organizações por meio da promoção de práticas de gestão da qualidade. Ele é reconhecido internacionalmente como um

referencial robusto e aplicável a empresas públicas e privadas, independentemente do porte ou setor (NIST, 2021; CLEARPOINT STRATEGY, 2025).

O modelo é composto por sete critérios principais: liderança, estratégia, clientes, medição, análise e gestão do conhecimento, força de trabalho, operações e resultados. Cada critério é desdobrado em requisitos que orientam a autoavaliação da organização. A proposta central é a de que a excelência em gestão depende de uma atuação integrada entre liderança, estratégia e processos, com foco nos resultados organizacionais e na geração de valor para as partes interessadas (NIST, 2021; CLEARPOINT STRATEGY, 2025)

Esse modelo destaca-se pelo seu foco em resultados e pela utilização de indicadores claros para mensurar o desempenho em todas as áreas. Ele também valoriza a aprendizagem organizacional, a inovação e a capacidade de adaptação em ambientes de alta competitividade (NIST, 2021).

Esse modelo destaca-se pelo foco em resultados e pela utilização de indicadores claros para mensurar o desempenho em diferentes áreas organizacionais. Ele também valoriza a aprendizagem organizacional, a inovação e a capacidade de adaptação em ambientes de alta competitividade (NIST, 2021).

Embora tenha origem americana, o modelo Malcolm Baldrige tem sido adaptado e utilizado por organizações brasileiras, incluindo aquelas do setor sucroenergético, como um referencial para avaliação da maturidade da gestão e identificação de boas práticas. Sua aplicação contribui para o fortalecimento da cultura de excelência e para o desenvolvimento de sistemas de gestão mais eficazes (NIST, 2021).

Nesse sentido, o modelo Malcolm Baldrige reforça a importância de critérios estruturados para avaliação do desempenho organizacional e da maturidade da gestão. Esses elementos dialogam com a proposta desta pesquisa, que busca avaliar a gestão da qualidade no setor de evaporação por meio de uma estrutura de diagnóstico baseada na integração entre dimensões estratégicas, operacionais e organizacionais.

2.3.4 Modelo Europeu EFQM

O Modelo Europeu de Excelência em Gestão, desenvolvido pela European Foundation for Quality Management (EFQM), é um dos mais amplamente utilizados no mundo como referência para avaliação e melhoria da gestão organizacional. Ele foi criado em 1991 e passou por diversas atualizações, sendo a versão mais recente estruturada em torno de três componentes principais: Direção, Execução e Resultados (EFQM, 2020).

O modelo EFQM baseia-se em sete critérios que se distribuem entre os fatores facilitadores (como liderança, estratégia, pessoas, parcerias e recursos, e processos) e os critérios de resultados (voltados para os clientes, colaboradores e sociedade, além dos resultados-chave da organização). Essa estrutura permite às empresas fazerem um diagnóstico abrangente de sua gestão e identificarem ações concretas para o aprimoramento contínuo (EFQM, 2020).

A abordagem do EFQM é particularmente útil para organizações que buscam integrar sustentabilidade, inovação e geração de valor em suas estratégias de longo prazo. Sua ênfase na criação de valor equilibrado para as partes interessadas torna o modelo especialmente adequado para setores como o sucroenergético, que operam com múltiplos públicos e exigências regulatórias (EFQM, 2020).

Silva et al. (2024) observam que a adoção de modelos de referência como o EFQM pode contribuir significativamente para o fortalecimento da gestão estratégica em usinas, permitindo maior controle sobre os processos, melhoria na tomada de decisão e maior alinhamento com as demandas do mercado e da

Assim, o modelo EFQM reforça a importância de abordagens sistêmicas de avaliação organizacional, baseadas na integração entre direção estratégica, execução dos processos e resultados organizacionais. Esses elementos contribuem para fundamentar a lógica de avaliação da gestão da qualidade adotada na estrutura de diagnóstico proposta nesta pesquisa, aplicada ao setor de evaporação das usinas sucroenergéticas.

2.3.5 Síntese comparativa dos modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade

Os modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade têm como propósito promover a eficiência organizacional por meio da análise estruturada de práticas, resultados e estratégias. Apesar das diferenças conceituais, todos orientam as organizações na busca pela excelência, integrando dimensões técnicas, gerenciais e estratégicas.

O Modelo de Excelência da Gestão (MEG), da Fundação Nacional da Qualidade, adota uma abordagem sistêmica voltada ao aprendizado, à inovação e à geração de valor, oferecendo um roteiro flexível de autoavaliação e aprimoramento contínuo. O Modelo Malcolm Baldrige, por sua vez, destaca-se pela ênfase em resultados e indicadores de desempenho, permitindo mensurar e comparar a maturidade da gestão. Já o Modelo Europeu EFQM busca equilibrar valor e responsabilidade social, incorporando inovação, sustentabilidade e impacto organizacional em sua estrutura de fatores facilitadores e resultados.

Embora apresentem enfoques distintos, os modelos MEG, Baldrige e EFQM compartilham fundamentos comuns centrados em liderança, estratégia, processos e resultados. Em conjunto, oferecem referenciais que auxiliam o diagnóstico organizacional, fortalecem o aprendizado institucional e sustentam a busca por competitividade e excelência de forma contínua.

Assim, a combinação desses modelos fornece um arcabouço teórico sólido para avaliar organizações industriais complexas, como as usinas do setor sucroenergético. Essa integração permite compreender tanto o nível de maturidade da gestão quanto a efetividade estratégica das operações, oferecendo bases consistentes para o desenvolvimento de diagnósticos mais completos e direcionados à melhoria contínua.

A síntese comparativa dos principais modelos é apresentada no Quadro 1, que resume seus focos, estruturas e principais contribuições para a gestão organizacional.

Quadro 1- Síntese comparativa modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade

Modelo	Foco principal	Estrutura	Diferenciais e Contribuição
MEG – Modelo de Excelência da Gestão (FNQ, 2022)	Avaliação sistêmica da gestão organizacional e promoção da excelência.	Oito fundamentos: pensamento sistêmico; aprendizado e inovação; liderança transformadora; compromisso com as partes interessadas; adaptabilidade; desenvolvimento sustentável; orientação por processos; geração de valor.	Abordagem integrada e adaptada à realidade brasileira; promove maturidade da gestão e cultura de melhoria contínua.
Modelo Malcolm Baldrige (NIST, 2021)	Competitividade organizacional e mensuração de resultados.	Sete critérios: liderança; estratégia; clientes; medição, análise e gestão do conhecimento; força de trabalho; operações; resultados.	Ênfase em resultados e indicadores de desempenho; forte integração entre estratégia e operações.
Modelo Europeu EFQM (EFQM, 2020)	Criação de valor equilibrado e sustentável para todas as partes interessadas.	Sete critérios: liderança; estratégia; pessoas; parcerias e recursos; processos; resultados para clientes, colaboradores e sociedade.	Integra sustentabilidade, inovação e responsabilidade social; foco em equilíbrio entre desempenho e impacto.

Fonte: Adaptado de FNQ (2022); NIST (2021); EFQM (2020)

2.4 Análise Multicritério no Auxílio à decisão

Este tópico tem como objetivo apresentar os fundamentos do Método de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), com foco no Analytic Hierarchy Process (AHP) e em sua variante aprimorada, o Improved AHP (IAHP), os quais foram empregados para ponderar as questões da estrutura de diagnóstico desenvolvida nesta pesquisa. Operacionalmente, o método foi aplicado com o apoio do software MindDecider, que viabilizou a implementação

computacional do IAHP. A seguir, serão detalhados o método AHP, sua aplicabilidade e limitações, bem como a variante IAHP, fundamental para a execução deste estudo.

2.4.1 Fundamentos Analytic Hierarchy process (AHP)

Tomar decisões é uma atividade inerente ao ser humano, mas torna-se particularmente desafiadora quando envolve múltiplos critérios que precisam ser considerados de forma simultânea, incluindo fatores tangíveis e intangíveis que muitas vezes não possuem medidas diretas. Essa dificuldade exige métodos capazes de organizar a informação e apoiar o decisor na formulação de julgamentos mais claros e consistentes. Nesse contexto, Saaty (1977) introduziu o Analytic Hierarchy Process (AHP), um método que decompõe o problema decisório em uma estrutura hierárquica e utiliza comparações paritárias para transformar percepções subjetivas em escalas numéricas relativas, permitindo a atribuição de prioridades e a escolha fundamentada entre alternativas.

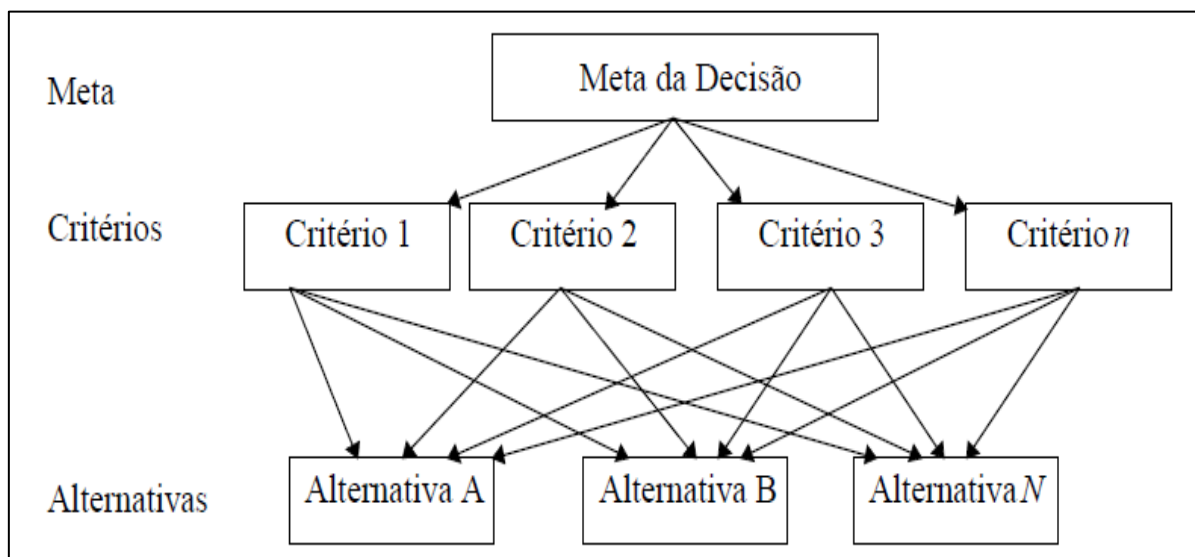
O Analytic Hierarchy Process (AHP) consolidou-se como um dos métodos multicritério mais utilizados por pesquisadores e decisores justamente pela sua capacidade de estruturar problemas complexos em hierarquias, atribuir pesos relativos e sintetizar critérios tangíveis e intangíveis. De acordo com Russo e Camanho (2015), sua força está em três funções principais: estruturar a complexidade, realizar medições em escala de razão e integrar os resultados em prioridades globais. Essa versatilidade explica por que o AHP aparece em diferentes áreas, como indústria, administração pública, educação e saúde, sendo aplicado tanto na seleção de alternativas quanto no ranqueamento de indicadores.

Por essa razão, o AHP tem ampla aplicação prática em situações que exigem decisões complexas envolvendo múltiplos critérios ou objetivos. Segundo Shimizu (2001), o método é especialmente útil na definição de prioridades, alocação de recursos, avaliação de custos e benefícios, mensuração de desempenho, planejamento estratégico e análise de riscos, uma vez que possibilita organizar e quantificar preferências de forma estruturada.

O funcionamento do método pode ser descrito de maneira sistemática. De acordo com Saaty (1977), o AHP organiza o processo decisório em uma hierarquia composta pelo objetivo principal, seguido de critérios, subcritérios e, no nível mais baixo, as alternativas. Para avaliar esses elementos, o decisor realiza comparações par a par entre os itens de cada nível em relação ao nível imediatamente superior. Para apoiar esse processo, Saaty (1980) desenvolveu a escala de 1 a 9, que permite transformar julgamentos qualitativos em valores numéricos e, a partir deles, calcular prioridades locais que, quando sintetizadas ao longo da hierarquia, resultam nas prioridades globais das alternativas.

Para assegurar a confiabilidade dos resultados, o AHP prevê a verificação da consistência lógica das comparações por meio do cálculo do Índice de Consistência (CI), obtido a partir do autovalor principal (λ_{\max}) da matriz. O valor encontrado é então comparado ao Índice de Aleatoriedade (RI), proposto por Saaty (1977), de modo a calcular a Razão de Consistência (CR). Quando $CR < 0,10$, considera-se que os julgamentos são aceitavelmente consistentes; caso contrário, recomenda-se revisar as comparações. Após essa verificação, o mesmo procedimento é aplicado às alternativas em relação a cada critério, e os pesos finais são obtidos pela combinação entre os critérios e as alternativas. A Figura 1 ilustra de forma esquemática essa estrutura.

Figura 1 - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão



Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

2.4.2 Cálculos Aplicados do AHP

O funcionamento do AHP pode ser descrito de forma sistemática. Primeiramente, constrói-se uma matriz de comparações par a par, na qual cada elemento a_{ij} representa a importância do critério i em relação ao critério j , conforme a escala de 1 a 9 proposta por Saaty (1980). Essa matriz é recíproca ($a_{ji} = 1/a_{ij}$) e diagonal unitária ($a_{ii} = 1$).

$$Aw = \lambda_{\max}w$$

Os pesos são normalizados de modo que $\sum w_i = 1$. Alternativamente, pode-se utilizar a média geométrica de cada linha:

$$w_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{1/n} \right]$$

Após a obtenção dos pesos, calcula-se o Índice de Consistência (CI) e a Razão de Consistência (CR), indicadores fundamentais para verificar a coerência lógica dos julgamentos:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Onde RI é o Índice de Aleatoriedade de Saaty para ordem n (tabela padrão).
Critério: $CR < 0,10 \rightarrow$ consistência aceitável; caso contrário, revisar comparações.

Um resultado $CR < 0,10$ indica que os julgamentos são consistentemente aceitáveis. Valores superiores sugerem a necessidade de revisão das comparações.

2.4.3 Limitações do método Analytic Hierarchy process (AHP)

Apesar de suas vantagens, o AHP não está isento de limitações. Uma delas é o elevado número de comparações necessárias em problemas com muitas variáveis, o que aumenta significativamente a complexidade da análise (SHIMIZU, 2001). Outra limitação refere-se ao chamado efeito de reversão da ordem de prioridade, que pode ocorrer quando a inclusão ou exclusão de alternativas irrelevantes altera a classificação das alternativas principais. Esse efeito é atribuído ao processo de normalização do vetor de prioridades, e para contorná-lo Saaty (2003) propôs o “modo ideal” de cálculo, recomendado em casos em que se busca apenas a melhor alternativa ou quando há alternativas redundantes.

Essas observações evidenciam que, embora o AHP seja amplamente utilizado em problemas de decisão complexos, sua aplicação requer cautela. O crescimento do número de comparações e a possibilidade de reversão de ordem mostram que o método não é isento de restrições, cabendo ao pesquisador avaliar em que contextos sua utilização é adequada e quais ajustes podem ser necessários para preservar a consistência e a confiabilidade dos resultados (SHIMIZU, 2001).

2.4.4 Improved Analytic Hierarchy Process (IAHP).

O Improved Analytic Hierarchy Process (IAHP) é uma evolução prática do AHP tradicional, criada para resolver uma de suas principais limitações: o grande número de comparações pareadas exigidas quando há muitas alternativas ou critérios em análise. No AHP convencional, o número de comparações é dado pela fórmula $n(n-1)/2$, o que significa que, para cada conjunto de alternativas, o decisor precisa realizar dezenas ou até centenas de julgamentos. Esse crescimento torna o processo demorado, cansativo e mais sujeito a inconsistências.

Para superar essa dificuldade, o IAHP utiliza recursos computacionais que reduzem significativamente o esforço necessário. O software MindDecider, citado por Roodchenko e Banin (2015), aplica a função “auto-resolve dependencies”, que explora a lógica da transitividade para eliminar redundâncias. Em termos práticos, se um decisor indica que a alternativa A é preferida em relação à alternativa B, e que a alternativa B é equivalente à alternativa C, o sistema deduz automaticamente que A também é preferida em relação a C, sem precisar de uma nova resposta.

Com esse mecanismo, o processo se torna mais inteligente e adaptativo. O sistema formula apenas as comparações realmente necessárias e utiliza as respostas já fornecidas para preencher automaticamente outras relações. Dessa maneira, o número de julgamentos manuais cai drasticamente, aproximando-se do número de alternativas analisadas. Isso confere ao método maior eficiência e consistência, já que menos respostas humanas significam também menos riscos de contradições.

Em síntese, o IAHP representa um avanço significativo na aplicação prática da metodologia AHP. Ao empregar algoritmos inteligentes para minimizar o esforço cognitivo do decisor, essa variante não apenas preserva o rigor analítico do método original, mas também amplia seu campo de aplicação para problemas de maior escala. Essa eficiência operacional foi fundamental para a presente pesquisa, permitindo a ponderação consistente dos critérios do diagnóstico mesmo face à complexidade inerente ao objeto de estudo.

2.5 Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC)

Nesta pesquisa, o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) foi utilizado em duas etapas distintas do estudo: na etapa de ponderação do instrumento de diagnóstico e na etapa de aplicação do questionário. Na primeira, o coeficiente foi empregado para verificar a concordância entre especialistas na atribuição de pesos às questões do diagnóstico. Na segunda, foi utilizado para avaliar a consistência das respostas obtidas na aplicação do instrumento, assegurando a estabilidade dos julgamentos realizados pelos avaliadores. Dessa forma, o ICC contribuiu para garantir a confiabilidade das avaliações tanto na construção quanto na aplicação do instrumento de diagnóstico da gestão da qualidade.

O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) é uma medida estatística utilizada para verificar o grau de concordância entre avaliadores ou a estabilidade das respostas obtidas quando diferentes pessoas avaliam os mesmos itens. Em vez de medir a relação entre duas variáveis, como ocorre nas correlações tradicionais, o ICC busca identificar o quanto das diferenças observadas nos resultados se deve realmente às variações dos objetos avaliados e o quanto é consequência de pequenas divergências entre os avaliadores (KOO; LI, 2016). Por essa razão, o coeficiente é amplamente usado em pesquisas que envolvem julgamento humano, servindo como uma forma confiável de medir se as avaliações são consistentes e coerentes entre si.

De acordo com Koo e Li (2016), o ICC é especialmente indicado para dados quantitativos ou ordinais, como os obtidos em escalas do tipo Likert. A escolha do modelo

depende do tipo de estudo e da forma como os avaliadores participam. Existem três modelos principais: o ICC (1), usado quando cada sujeito é avaliado por avaliadores diferentes escolhidos aleatoriamente; o ICC(2), quando avaliadores e sujeitos são ambas amostras aleatórias de uma população; e o ICC(3), que se aplica quando os mesmos avaliadores analisam todos os itens situação mais comum em estudos que envolvem grupos de especialistas. Essa última configuração costuma ser a mais adequada quando se deseja verificar o alinhamento entre avaliadores que compartilham conhecimento técnico sobre o tema.

Os valores do ICC variam entre 0 e 1, e quanto mais próximos de 1, maior é a confiabilidade. Koo e Li (2016) propõem faixas interpretativas simples para orientar a leitura dos resultados: valores abaixo de 0,50 indicam confiabilidade baixa; entre 0,50 e 0,75, moderada; entre 0,75 e 0,90, boa; e acima de 0,90, excelente. Essa interpretação é coerente com a escala proposta por Landis e Koch (1977), que também classificam a força da concordância entre avaliadores a partir de intervalos numéricos.

O ICC tem sido amplamente utilizado em estudos que buscam avaliar a confiabilidade e a estabilidade de instrumentos, sobretudo quando há necessidade de confirmar se diferentes avaliadores interpretam um mesmo conjunto de itens de forma semelhante. Fiorin et al. (2020), por exemplo, aplicaram o ICC junto com o alfa de Cronbach para verificar a reprodutibilidade de um questionário multidimensional aplicado a pacientes após infarto do miocárdio. Os autores obtiveram coeficientes acima de 0,90, considerados excelentes. De modo semelhante, Valim et al. (2015) validaram o Questionário de Adesão às Precauções-Padrão e encontraram ICC de 0,97, confirmando que as respostas se mantiveram estáveis entre diferentes momentos e avaliadores. Esses exemplos mostram como o ICC tem se tornado uma referência na verificação da consistência de instrumentos baseados em julgamento humano.

Embora o alfa de Cronbach ainda seja o método mais conhecido para avaliar a consistência interna de questionários, ele tende a funcionar melhor em grupos heterogêneos, nos quais as respostas variam mais. Quando o instrumento é aplicado a avaliadores especialistas, a semelhança de percepções reduz a variabilidade das respostas, e o valor do alfa pode parecer artificialmente baixos, mesmo quando o instrumento é confiável. Monteiro da Hora et al. (2010) destacam que, nesse tipo de situação, o ICC é mais apropriado porque mede diretamente a concordância entre avaliadores, em vez da homogeneidade interna das respostas. Assim, permite uma análise mais fiel da estabilidade dos julgamentos e da consistência das medidas obtidas.

Por isso, o ICC tem se consolidado como uma ferramenta essencial em estudos que envolvem avaliações especializadas e decisões técnicas. Seu uso contribui para garantir que as

análises sejam baseadas em avaliações coerentes e reprodutíveis, fortalecendo a credibilidade dos resultados e a confiabilidade dos instrumentos utilizados. Além de servir como uma métrica estatística, o ICC representa uma forma de traduzir em números algo essencial em pesquisas de caráter avaliativo: a confiança de que diferentes olhares técnicos convergem para interpretações consistentes e fundamentadas.

2.5.1 Cálculo do ICC

O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) é uma medida estatística empregada para verificar o grau de concordância entre avaliadores, isto é, o quanto as diferenças observadas se devem à variabilidade dos itens avaliados e não às divergências entre os avaliadores (KOO; LI, 2016). O método foi utilizado para avaliar a consistência das notas atribuídas pelos especialistas ao questionário.

No presente estudo, adotou-se o modelo Two-Way Mixed com tipo de Acordo Absoluto (Absolute Agreement), denominado ICC(3,k), apropriado quando os mesmos avaliadores analisam todos os itens. Os cálculos baseiam-se nos quadrados médios (Mean Squares) obtidos pela análise de variância de dois fatores:

$$ICC(3,1) = \frac{MS_R - MS_E}{(MS_R + (k - 1)MS_E)}$$

$$ICC(3, k) = \frac{(MS_R - MS_E)}{(MS_R)}$$

onde:

MS_R representa o quadrado médio entre os itens (rows);

MS_E é o quadrado médio do erro (resíduo);

k é o número de avaliadores.

Os valores do ICC variam de 0 a 1, sendo interpretados conforme Koo e Li (2016):

<0,50 (baixa confiabilidade);

0,50–0,75 (moderada);

0,75–0,90 (boa);

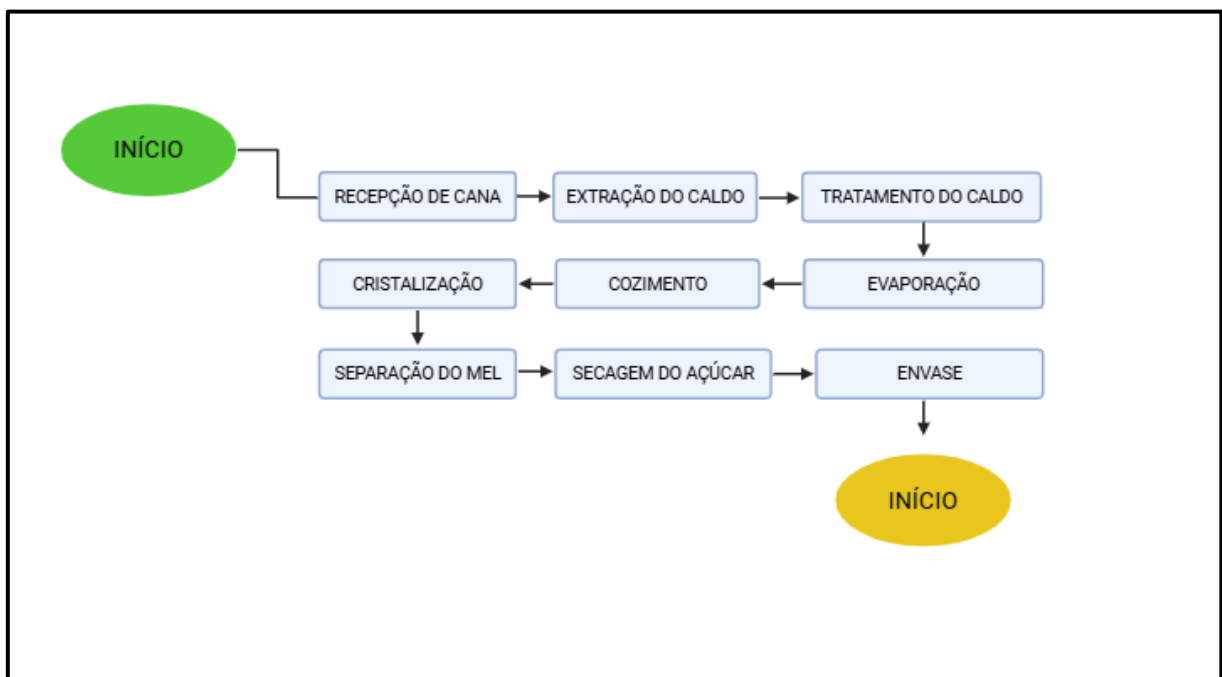
0,90 (excelente).

No caso desta pesquisa, o ICC foi calculado no SPSS, adotando intervalo de confiança de 95%, de modo a comprovar a confiabilidade e a estabilidade das avaliações entre os especialistas.

2.6 O Setor de Evaporação na Indústria Sucroenergética

O processo de produção de açúcar é composto por um conjunto de etapas sequenciais e interdependentes, que se iniciam com a extração do caldo da cana-de-açúcar. Em seguida, o caldo passa por operações de tratamento e clarificação, com o objetivo de remover impurezas e adequar suas características físico-químicas. Após essa etapa, ocorre a concentração do caldo no sistema de evaporação, elevando o teor de sólidos até níveis adequados para o cozimento. Na etapa de cozimento, promove-se a supersaturação do caldo, condição necessária para a formação dos cristais de sacarose. O processo prossegue com a cristalização, centrifugação e secagem, etapas responsáveis pela separação e estabilização do açúcar produzido. Por fim, o produto é destinado ao envase, etapa final do processo produtivo. A Figura 2 apresenta o fluxograma geral do processo de produção de açúcar.

Figura 2 - Fluxograma produção de açúcar

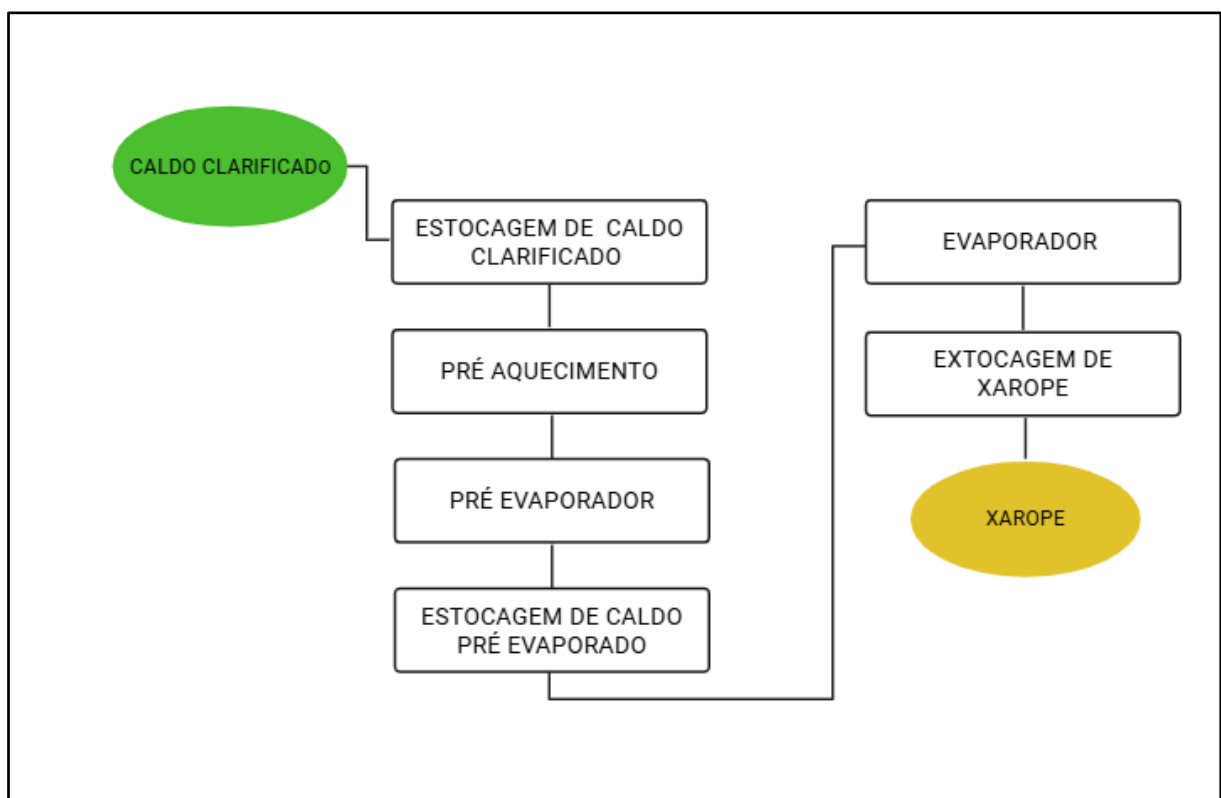


Fonte: Autoria Própria

A evaporação representa uma etapa primordial na fabricação de açúcar, na qual o caldo de cana, contendo aproximadamente 75% de água, é intensivamente concentrado por meio de evaporadores. Esse processo promove o aumento da concentração de sacarose no caldo, transformando-o em xarope (JAMES, 2004). Essa etapa desempenha um papel crucial no

balanço energético da usina, exercendo influência significativa sobre a qualidade do xarope produzido, o que, por sua vez, impacta o desempenho e o consumo energético das etapas subsequentes do processo produtivo. Além disso, a evaporação possui peso substancial no balanço energético das usinas produtoras de açúcar, uma vez que demanda elevada quantidade de vapor proveniente das caldeiras, ao mesmo tempo em que gera considerável volume de vapor vegetal de baixa pressão, o qual é reaproveitado por outros equipamentos da usina (LIMA, 2020). A Figura 3 ilustra o setor de evaporação e os subprocessos que compõem essa etapa da produção de açúcar.

Figura 3 – Fluxograma setor evaporação



Fonte: Autoria Própria

2.6.1 Estocagem do Caldo Clarificado

O caldo clarificado, assim denominado devido ao processo de remoção de impurezas orgânicas e inorgânicas que conferem maior transparência ao líquido, é armazenado em um tanque. A armazenagem estratégica facilita a administração eficaz do fluxo produtivo e assegura a prontidão do caldo para procedimentos subsequentes. A integridade do caldo é monitorada por meio de análises bi horárias, que incluem medições de concentração de açúcares (Brix), pH, sólidos insolúveis, ART e pureza da sacarose. O ajuste de fluxo para as próximas fases é

gerenciado por um sistema de controle operacional, que também supervisiona a temperatura e pressão das instalações, incluindo bombas centrífugas e tubulações (JAMES, 2004).

2.6.2 Pré-aquecimento do Caldo Clarificado

O pré-aquecimento visa aumentar a temperatura do caldo clarificado para facilitar a subsequente pré-evaporação da água. Essencial para a eficiência energética, esta etapa ajusta a temperatura do caldo de 92°C para cerca de 127°C através de trocadores de calor, que operam com troca térmica indireta. Existem dois tipos principais de trocadores utilizados:

Trocadores de Calor de Casco e Tubos: Estes consistem em um conjunto de tubos dentro de um casco cilíndrico, onde o vapor circula externamente aos tubos e o caldo clarificado flui internamente, promovendo a troca térmica sem contato direto entre os fluidos.

Trocadores de Calor de Placas: Compostos por múltiplas placas finas e corrugadas, estes trocadores permitem que o vapor e o caldo clarificado fluam por canais alternados, facilitando a transferência de calor.

Durante o pré-aquecimento, a água condensada gerada pelo vapor é coletada e reutilizada, visando a sustentabilidade do processo. No entanto, a presença de contaminantes na água condensada é rigorosamente monitorada por condutivímetros, assegurando a qualidade do sistema. Em caso de detecção de contaminação, medidas são imediatamente tomadas para descartar a água contaminada até que a fonte seja identificada e eliminada.

Com o tempo, incrustações formadas por resíduos do tratamento do caldo podem acumular-se nos equipamentos, impedindo o fluxo eficaz e a transferência de calor, necessitando limpezas periódicas a cada 240 horas através de um sistema CIP com solução de soda cáustica.

2.6.3 Pré evaporação

O principal objetivo do processo de pré-evaporação consiste em elevar o Brix do caldo clarificado para aproximadamente 25° Brix, além de gerar vapor vegetal a partir da água presente no caldo. A fase final de concentração do caldo é realizada durante o processo de evaporação, onde a concentração necessária para as etapas subsequentes é alcançada (REIN, 2017).

A pré-evaporação representa um método de remoção de solvente, tipicamente na forma de vapor, de uma solução. Este procedimento é conduzido utilizando-se um equipamento específico denominado evaporador, que é utilizado para concentrar soluções que consistem em solutos não voláteis e solventes voláteis (LIMA, 2020).

Evaporadores, que são equipamentos cruciais de troca térmica, desempenham um papel vital na concentração de soluções diluídas em contextos industriais. Esses dispositivos variam em forma e tamanho e são categorizados como evaporadores de efeito simples ou múltiplo. Para otimizar a eficiência energética em processos industriais, a implementação de evaporadores de múltiplos efeitos é preferida em comparação aos de efeito simples (SANCHES et al., 2025).

A tecnologia de evaporação de múltiplos efeitos, desenvolvida por Norbert Rillieux na Louisiana e patenteada na década de 1840, teve um impacto substancial na indústria açucareira e em várias outras indústrias de processamento. Com base em suas investigações na indústria da cana-de-açúcar, Rillieux formulou princípios gerais para o projeto e desempenho de evaporadores (REIN, 2017).

Um dos princípios fundamentais da evaporação de múltiplos efeitos é que, em um sistema com 'N' efeitos, um quilograma de vapor pode evaporar 'N' quilogramas de água. Assim, por exemplo, em uma evaporação de duplo efeito, um quilograma de vapor evapora dois quilogramas de água; em um sistema de triplo efeito, evapora três quilogramas, e assim sucessivamente. Ademais, se o vapor vegetal for extraído do primeiro efeito de um sistema de 'N' efeitos e utilizado externamente ao sistema de evaporação em substituição ao vapor vivo, resultará em uma economia de vapor proporcional a $1/N$ da quantidade de vapor utilizada (REIN, 2017).

Devido a essas vantagens, muitas instalações industriais posicionam os primeiros efeitos dos evaporadores em uma área dedicada conhecida como pré-evaporação. Esta área é primordialmente responsável por aumentar a concentração do caldo e gerar vapor vegetal para as etapas seguintes do processo, além de fornecer vapor para outros dispositivos como cozedores e aquecedores (REIN, 2017).

Na fase de pré-evaporação, são primordialmente utilizados dois tipos de pré-evaporadores: o tipo Robert e o Enet. Os evaporadores tipo Robert, que são de calandra de tubo vertical, foram inicialmente introduzidos por volta de 1850 por um indivíduo chamado Robert, diretor de uma usina de açúcar em Seclowitz, Morávia atual República Tcheca (REIN, 2017). Tais evaporadores foram amplamente adotados e ainda são predominantemente utilizados na indústria açucareira, tipicamente apresentando tubos com diâmetros de 38 a 51 mm e comprimentos de 1,5 a 3 metros. Recentemente, observou-se uma tendência de uso de tubos um pouco mais longos para aumentar a superfície de aquecimento dentro de um recipiente de diâmetro específico (REIN, 2017).

O modelo ENET, conhecido comercialmente como "TASTE," opera com o princípio de neblina turbulenta descendente, minimizando a exposição à temperatura. Este design promove uma operação rápida e eficiente, ideal para processos que demandam alta performance e condições sanitárias estritas. Frequentemente, é empregado em indústrias que necessitam de evaporação rápida e eficaz, como na produção de sucos e caldo de cana-de-açúcar.

Durante a operação dos equipamentos de pré-evaporação, é imperativo o monitoramento contínuo de indicadores críticos, como temperatura, Brix, pH e ART, para assegurar que o caldo pré-evaporado atenda aos padrões de qualidade necessários para a etapa subsequente de evaporação. Adicionalmente, a água condensada do vapor de escape é meticulosamente coletada e reutilizada na geração de vapor, otimizando o uso de recursos (LOPES, 2017).

A formação de incrustações nos equipamentos é um fenômeno recorrente que restringe o fluxo do caldo e reduz a eficiência da transferência térmica. Conseqüentemente, os recipientes dos evaporadores necessitam de limpezas periódicas para manter sua operacionalidade. Nos pré-evaporadores tipo Robert, empregam-se dois sistemas fundamentais de desincrustação: mecânico, por meio do Hidrojateamento, e químico. O Hidrojateamento utiliza a força da água em alta pressão, até 1.200 bar, com jatos finos e direcionados para eliminar incrustações das paredes dos tubos. Este método é eficaz devido à intensidade da pressão da água (SILVA, 2017).

Por outro lado, o sistema químico emprega o processo de Limpeza no Local (CIP), utilizando soda cáustica como agente desincrustante primário. Esta substância mostra-se parcialmente eficaz na remoção de silicatos, proteínas e outras substâncias gelatinosas. A prática recomendada envolve o uso de uma solução de soda cáustica a aproximadamente 10% (m/v), com um ciclo de desincrustação que dura entre 3 e 4 horas (PHAKAM, 2018). Para os pré-evaporadores ENET, apenas o método químico CIP é utilizado.

Para uma limpeza eficaz do evaporador, uma limpeza com soda cáustica necessita sempre de um ácido seguinte (por exemplo, ácido fosfórico, ácido fórmico, ácido sulfâmico, ácido sulfúrico, ácido clorídrico etc.) devido à presença de resíduos de sais inorgânicos que permanecem nas tubulações (DOHERTY, 2007).

2.6.4 Evaporação

O principal objetivo do processo de evaporação é aumentar a concentração de sacarose no caldo pré-evaporado proveniente da etapa anterior, reduzindo seu teor de água. Este procedimento é essencial para preparar o caldo para a subsequente fase de cristalização, na qual o açúcar será separado da solução (LIMA, 2020).

O limite na concentração do xarope nesse processo é determinado pela aproximação ao ponto de saturação, onde a cristalização se inicia. Teoricamente, isso limitaria os Sólidos Dissolvidos Refratométricos (SDR) a cerca de 72%. No entanto, na prática, uma margem de segurança de pelo menos duas unidades percentuais é adotada. Isso permite variações no controle do processo e um leve resfriamento do xarope no tanque de estocagem sem que ocorra a cristalização indesejada (REIN, 2017).

Após a pré-*evaporação*, que remove uma parte significativa da água presente no caldo, o processo de *evaporação* prossegue em evaporadores de múltiplos efeitos, com o objetivo de concentrar ainda mais o caldo até atingir a concentração desejada de sólidos solúveis. Um sistema de evaporadores de múltiplos efeitos é composto por até cinco evaporadores conectados em série, nos quais o vapor gerado a partir do caldo no primeiro efeito é utilizado como vapor de aquecimento no efeito subsequente, e assim sucessivamente. (ARAÚJO, 2011). Para atingir esse objetivo, é necessário injetar vapor apenas na primeira caixa, uma vez que a própria água evaporada será utilizada para aquecer o caldo nas caixas subsequentes. O vapor gerado no último efeito é direcionado para um condensador. Esse procedimento é viabilizado pela diferença de pressão existente entre os corpos e é mantido por um sistema gerador de vácuo conectado à última caixa. Inicialmente, o caldo apresenta uma concentração de 14-16° Brix, alcançando, ao final do processo, uma concentração de 55-65° Brix, momento em que é denominado xarope (LOPES, 2017).

O multijato, acoplado ao último efeito dos evaporadores de múltiplos efeitos, desempenha um papel crucial na operação eficiente do sistema. Utilizando água sob alta pressão, cria uma zona de baixa pressão que remove vapores residuais. Essa ação é essencial para manter o vácuo necessário durante a *evaporação* da água. O resultado é uma otimização na remoção de vapores, melhoria na eficiência térmica, redução do consumo de energia e aumento da capacidade de produção dos evaporadores. É importante monitorar e manter regularmente esse sistema para assegurar seu desempenho contínuo. É monitorado a pressão da água e a presença de contaminante visto que essa etapa é crítica com relação a arraste de açúcar junto ao vapor (REIN, 2017).

Assim como ocorre nos trocadores de calor e pré-*evaporadores*, os tubos dos evaporadores gradualmente sofrem incrustações durante o período de operação, resultando em baixa eficiência operacional e aumento no consumo de vapor. Por esse motivo, os evaporadores precisam ser limpos periodicamente, geralmente a cada 240 horas de operação. Para a desincrustação, são empregados dois sistemas: mecânico (hidrojateamento) e químico (DOHERTY, 2007).

Nos evaporadores de múltiplos efeitos, a água condensada é gerada em cada efeito, com exceção do último. Esta água condensada não é apropriada para uso em caldeiras e, portanto, é utilizada em outros processos, como fermentação e filtração de lodo, entre outros. O condensado é monitorado constantemente para verificar a ausência de contaminantes, que podem provir do arraste de açúcares durante a operação dos evaporadores (LOPES, 2017).

2.6.5 Estocagem do xarope

Após atingir a concentração desejada, o xarope é transferido para tanques de estocagem, especialmente projetados para preservar sua qualidade, evitando a contaminação e a cristalização indesejada. A manutenção de uma temperatura controlada é essencial para prevenir a cristalização e garantir a fluidez do xarope, sendo comum o uso de sistemas de aquecimento ou isolamento térmico. Além disso, alguns tanques possuem sistemas de agitação para manter a homogeneidade do xarope e evitar a sedimentação de sólidos, e são geralmente construídos com aço inoxidável ou outros materiais compatíveis com alimentos, a fim de evitar reações químicas e garantir a pureza do produto (ARAÚJO, 2011).

Após a estocagem, o xarope é enviado para a fábrica de açúcar para o processo de cristalização, um procedimento que deve ser gerenciado cuidadosamente para manter a qualidade do produto. A transferência do xarope é realizada utilizando bombas específicas que movem o xarope dos tanques de estocagem para os tanques de transporte ou diretamente para a linha de produção. As linhas de transporte, higienizadas regularmente, são cruciais para evitar contaminações e garantir a integridade do xarope durante o percurso (MACEDO et al., 2015).

Para assegurar que a quantidade correta de xarope seja enviada para a fábrica, são empregados sistemas de medição e controle de fluxo, conforme a demanda da linha de produção. Todo o processo de envio é rigorosamente documentado e rastreado para garantir a qualidade e a conformidade com os padrões industriais e regulatórios, assegurando que o xarope mantenha suas propriedades ideais até o momento da cristalização (SILVA & PEREIRA, 2018).

2.6.6 Desafios específicos do setor de evaporação

O setor de evaporação nas usinas sucroenergéticas representa uma das etapas mais críticas do processo industrial, responsável pela concentração do caldo de cana por meio da remoção da água, em sistemas geralmente compostos por múltiplos efeitos térmicos. Apesar de ser uma operação consolidada, ainda enfrenta uma série de desafios que impactam diretamente a eficiência energética, a estabilidade operacional e a qualidade do produto.

Um dos principais problemas é a formação de incrustações nas paredes internas dos evaporadores. Essas incrustações são causadas principalmente por sais insolúveis e compostos orgânicos presentes no caldo, e provocam redução da transferência de calor, aumento do consumo de vapor e necessidade de paradas frequentes para limpeza (BEJARANO, 1998). Esse tipo de limitação é particularmente problemático em sistemas contínuos, onde a estabilidade e a previsibilidade da operação são fundamentais.

Outro ponto crítico está relacionado ao balanço energético e ao aproveitamento do vapor. A configuração dos evaporadores de múltiplos efeitos exige um controle rigoroso dos fluxos térmicos e da distribuição de vapor vegetal, de modo a garantir o melhor rendimento com o menor consumo possível de energia. Estudos como o de Queiroz (2022), ao analisar a filtração da vinhaça antes da evaporação, mostram como pequenas mudanças no pré-tratamento do material podem influenciar significativamente a eficiência do processo.

Além disso, há desafios associados à automação e ao controle de variáveis operacionais. Fatores como temperatura, pressão, vazão de caldo e distribuição de vapor precisam ser constantemente monitorados e ajustados. No entanto, muitas usinas ainda operam com sistemas pouco integrados ou com baixa precisão no controle, o que pode resultar em instabilidades e desperdícios (Silva et al., 2023).

Também merece destaque a questão da integração entre setores. O desempenho da evaporação depende diretamente da qualidade do caldo que chega da etapa de tratamento e, ao mesmo tempo, impacta as etapas seguintes, como cristalização e centrifugação. Essa interdependência exige comunicação eficaz entre áreas e padronização de procedimentos, o que nem sempre ocorre de maneira fluida dentro das usinas.

Por fim, os desafios de sustentabilidade e regulação ambiental também afetam o setor. O uso racional da energia, a redução das emissões de vapor e a destinação adequada dos condensados tornam-se cada vez mais importantes em um contexto onde eficiência e responsabilidade socioambiental caminham juntas.

Enfrentar esses desafios exige uma gestão técnica qualificada, investimentos em manutenção preditiva e preventiva, além do uso de tecnologias de automação e monitoramento em tempo real. Conforme aponta Bejarano (1998), a busca por inovação na engenharia de evaporação pode gerar economias significativas de energia e aumentar a vida útil dos equipamentos.

2.6.7 Incrustações e Perdas Térmicas

No setor de evaporação das usinas sucroenergéticas, um dos principais desafios operacionais está relacionado à formação de incrustações nas superfícies de troca térmica. Essas incrustações são formadas principalmente por sais de cálcio, magnésio, fósforo e enxofre que se depositam nas paredes internas dos evaporadores, reduzindo significativamente a eficiência do processo.

Segundo Brasil (2021), o cálcio é o elemento predominante nas incrustações, sendo que até 70% da sua presença está diretamente ligada à cal adicionada durante o processo de tratamento do caldo. Em seu estudo, o autor observou que a concentração de cálcio no caldo pode variar em até 70% ao longo de um turno de seis horas, o que demonstra a instabilidade e o dinamismo desse fenômeno. Essas variações contribuem para a rápida formação de camadas sólidas nas superfícies aquecidas dos evaporadores.

As consequências da incrustação são diversas: há aumento da resistência térmica, redução do coeficiente de transferência de calor, elevação do consumo de vapor e necessidade de paradas frequentes para limpeza. Tudo isso se traduz em perdas térmicas relevantes e impacto direto na eficiência energética da usina.

Para mitigar esses efeitos, medidas preventivas e corretivas têm sido estudadas. Uma delas é o controle rigoroso da composição química do caldo, especialmente nas etapas de caleagem, fosfatação e sulfitação. O mesmo estudo de Brasil (2021) mostrou que pequenas variações nesses parâmetros, quando aplicadas de forma estratégica, foram capazes de reduzir a concentração de cálcio no caldo em até 56%.

Além disso, o uso de métodos alternativos de limpeza tem sido explorado em nível internacional. Um exemplo interessante é o estudo de El-Nahas et al. (2024), que analisou a aplicação de melão como tecnologia de limpeza verde em evaporadores. Os resultados foram promissores, com até 65% de remoção das incrustações sem causar danos às superfícies metálicas, sinalizando possibilidades sustentáveis que podem ser adaptadas à realidade brasileira.

Outro ponto crítico são as perdas térmicas não visíveis, aquelas que ocorrem mesmo na ausência de camadas espessas de incrustações. De acordo com Bejarano (1998), essas perdas estão associadas à degradação do coeficiente de troca térmica e, em sistemas de múltiplos efeitos, podem provocar instabilidades na cadeia de evaporação. O autor destaca ainda que a elevação da temperatura em determinadas etapas, como no primeiro efeito, pode acelerar reações indesejadas, como a degradação da sacarose.

Portanto, o controle das incrustações e das perdas térmicas não é apenas uma questão de manutenção, mas uma estratégia vital para garantir o desempenho energético, a estabilidade do processo e a qualidade do produto nas usinas sucroenergéticas.

2.6.8 Interface com os setores de geração de vapor, cristalização, destilação

O setor de evaporação ocupa uma posição estratégica dentro das usinas sucroenergéticas, pois além de concentrar o caldo, desempenha papel fundamental na geração e redistribuição do vapor necessário para outras etapas do processo, como cristalização e destilação. Essa função integradora torna a evaporação um ponto de equilíbrio térmico e operacional, influenciando diretamente a qualidade do xarope e o desempenho dos setores subsequentes.

Na relação com o setor de geração de vapor, a evaporação tem papel duplo: consome vapor vivo oriundo das caldeiras e, ao mesmo tempo, fornece vapor vegetal gerado da evaporação da água contida no caldo da cana) utilizado como fonte de energia para aquecer outros processos. Ensinas e Nebra (2007), demonstram que uma configuração adequada do sistema de múltiplos efeitos pode reduzir significativamente o consumo de vapor e melhorar o aproveitamento térmico global da planta. A eficiência do sistema de evaporação, portanto, impacta diretamente no balanço energético da usina como um todo.

Em relação à cristalização do açúcar, a qualidade térmica e a concentração adequada do xarope gerado na evaporação são essenciais para garantir uma boa formação de cristais. Segundo Castro et al. (2022), a variação na temperatura e no teor de sólidos do xarope pode comprometer a eficiência da cristalização em batelada, levando à formação de cristais com granulometria inadequada e menor rendimento industrial. O estudo dos autores simulou dinamicamente o comportamento do sistema de evaporação interligado ao setor de cristalização, mostrando como perturbações em uma etapa rapidamente se propagam para outra.

No setor de destilação, o vapor vegetal gerado na evaporação é frequentemente utilizado para aquecer colunas de destilação, especialmente em usinas com cogeração de energia e produção integrada de etanol. Dalla Paula (2023), destaca que a estabilidade térmica do sistema de evaporação é fundamental para garantir o fornecimento contínuo e eficiente de vapor às colunas de destilação, assegurando assim a eficiência energética e a produtividade alcoólica.

Essas interações demonstram que a operação do setor de evaporação não pode ser tratada de forma isolada. A comunicação entre os setores, o controle rigoroso das variáveis operacionais e a adoção de modelos de simulação integrados são estratégias que ajudam a antecipar problemas e alinhar objetivos produtivos e energéticos. Além disso, reforçam a

importância de manter a qualidade do xarope dentro de padrões consistentes, assegurando um fluxo contínuo e eficiente ao longo da planta industrial.

2.6.9 Ausência de Ferramentas de Diagnóstico da Qualidade no setor de evaporação

Embora o setor sucroenergético tenha avançado significativamente na adoção de sistemas de gestão da qualidade, como a ISO 9001 e outros referenciais internacionais, ainda persiste uma lacuna relevante quanto à disponibilidade de ferramentas específicas para diagnosticar a gestão da qualidade na etapa de evaporação. Trata-se de uma fase crítica do processo produtivo, que influencia diretamente o rendimento industrial e a eficiência energética, mas que continua sendo tratada predominantemente sob uma ótica técnica e operacional, sem instrumentos gerenciais capazes de avaliar de forma sistemática o desempenho da gestão.

A evaporação possui características próprias, como a operação contínua, a forte variabilidade térmica, a dependência da composição do caldo, a suscetibilidade à formação de incrustações e a elevada interdependência com setores como cristalização, destilação e cogeração. Essas particularidades exigem não apenas um acompanhamento técnico rigoroso, mas também uma abordagem integrada de qualidade. No entanto, ainda não existem metodologias amplamente consolidadas que ofereçam indicadores específicos de desempenho e qualidade para essa etapa. Como resultado, muitas usinas recorrem a instrumentos genéricos, frequentemente adaptados de outros contextos, que não refletem adequadamente as nuances operacionais da evaporação.

Na busca sistemática realizada em bases de dados científicas, foram identificados diversos estudos voltados a melhorias técnicas e operacionais no processo de evaporação, com ênfase na eficiência energética e no desempenho térmico. Parte significativa dessas publicações baseia-se em modelagens termodinâmicas e análises exegeticamente orientadas, empregando simulações no Aspen Plus® para identificar perdas de energia e propor otimizações nos múltiplos efeitos dos evaporadores (DOGBE; MANDEGARI; GÖRGENS, 2018). Outros trabalhos aplicam análises exegéticas para propor melhorias de desempenho energético em usinas, destacando a evaporação como uma das principais fontes de irreversibilidade e ineficiência térmica (DHAKAR; CHOUDHARY; SINGH, 2021). Também foram encontrados estudos voltados à otimização em tempo real para o gerenciamento de vapor, buscando reduzir o consumo energético por meio de algoritmos e indicadores de eficiência (MERINO et al., 2018), bem como pesquisas que integram simulações analíticas e regressão estatística para otimizar o uso de energia e água na produção de açúcar (AZIZI et al., 2025). Outras

investigações exploram metodologias baseadas em modelagem de estado estacionário e simulações termoenergéticas de evaporadores (LEWIS et al., 2010), além de técnicas de controle inteligente e sistemas neuro-fuzzy aplicados ao diagnóstico de falhas e controle operacional (MIREA, 2009; WITCZAK; OBUCHOWICZ; KORBICZ, 2002). Apesar de representarem avanços relevantes sob o ponto de vista técnico, esses estudos mantêm foco restrito na eficiência térmica, no controle e na automação, sem apresentar instrumentos gerenciais capazes de diagnosticar a qualidade da operação em termos de padronização, confiabilidade, rotina e melhoria contínua.

Essa ausência de instrumentos específicos dificulta o acompanhamento da estabilidade operacional, da eficiência térmica e da qualidade do xarope produzido, além de limitar a atuação preventiva das equipes. Consequentemente, decisões estratégicas acabam sendo tomadas com base em informações fragmentadas, o que compromete o desempenho global da usina e dificulta a identificação de pontos críticos ou recorrentes na operação.

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de desenvolver instrumentos de diagnóstico da gestão da qualidade que sejam específicos para o processo de evaporação, respeitando sua dinâmica, os recursos disponíveis e a variabilidade das condições operacionais. Ferramentas dessa natureza, quando bem calibradas, podem transformar dados técnicos em informações gerenciais relevantes, fortalecendo a tomada de decisão e promovendo a melhoria contínua em um setor que historicamente carece de abordagens estruturadas de diagnóstico da gestão da qualidade.

2.6.10 Síntese da fundamentação teórica e relação com a estrutura de diagnóstico da qualidade

A fundamentação teórica deste estudo foi organizada para sustentar, conceitual e metodologicamente, a construção da estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas. Os eixos apresentados ao longo do capítulo foram desenvolvidos de forma complementar, constituindo a base teórica do instrumento proposto.

Inicialmente, discutiu-se a gestão da qualidade em indústrias de processo e as especificidades dos ambientes industriais contínuos, evidenciando que a qualidade, no setor sucroenergético, resulta da interação entre processos, pessoas, equipamentos e informação. Em seguida, foram apresentadas as contribuições das normas ISO 9001:2015, ISO 9004:2018 e ISO 19011:2018 para a organização dos sistemas de gestão, a avaliação de maturidade organizacional e a auditoria de processos.

Na sequência, os modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade — como o MEG, o Malcolm Baldrige e o EFQM forneceram uma perspectiva sistêmica de avaliação do desempenho organizacional, influenciando a organização das dimensões da gestão da qualidade consideradas no diagnóstico. Posteriormente, o método AHP, em sua versão aprimorada (IAHP), foi utilizado para a ponderação das questões do instrumento, enquanto o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) permitiu verificar a consistência das avaliações realizadas pelos especialistas na ponderação e na aplicação do questionário.

Por fim, a discussão sobre o setor de evaporação destacou suas características operacionais, desafios gerenciais e a ausência de instrumentos específicos para avaliação da gestão da qualidade nesse ambiente produtivo. Dessa forma, a fundamentação teórica evidencia que a gestão da qualidade no setor de evaporação deve ser compreendida como um sistema integrado, no qual normas, modelos de excelência, métodos multicritério e características operacionais do processo se articulam para sustentar a estrutura de diagnóstico proposta nessa pesquisa.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Definição do tema

A escolha do tema desta pesquisa foi guiada por princípios que ajudam a estruturar adequadamente um problema de investigação. Segundo Gil (2019), é fundamental considerar o interesse do pesquisador, a relevância social e científica do tema, a disponibilidade de dados e a viabilidade de execução do estudo. Nesse caso, o ponto de partida foi um interesse pessoal pelo setor sucroenergético, uma vez que atuo diretamente na área e vivencio de perto os desafios enfrentados no setor de evaporação do caldo de cana.

Esse interesse se intensificou diante da relevância do tema. O Brasil ocupa posição de destaque no mercado mundial, sendo responsável por cerca de 20% de toda a produção de açúcar do planeta (UNICA, 2024). Dentro desse contexto, a etapa de evaporação se destaca como uma das mais críticas, tanto pelo elevado consumo de energia quanto pelo impacto direto na eficiência das usinas (SANCHES et al., 2025; REIN, 2017).

De acordo com Lakatos e Marconi (2021, p. 71), a escolha de um tema deve equilibrar o interesse do pesquisador com as condições reais de execução. Essa relação foi possível porque já havia acesso ao ambiente industrial e familiaridade com os conceitos de gestão da qualidade.

Com essa base, iniciou-se uma pesquisa exploratória nas bases de dados Scopus, ScienceDirect, SciELO, Sugar Tech e International Sugar Journal. Foram testadas diferentes combinações de descritores ligados a “evaporação”, “usinas de açúcar” e “gestão da qualidade”, sem restrição temporal. A revisão revelou que, embora existam na literatura diversas ferramentas voltadas à medição e melhoria da eficiência térmica, bem como ao controle e à limpeza dos tubos dos evaporadores, ainda há uma carência de modelos ou estruturas capazes de diagnosticar de forma abrangente o setor de evaporação. Em especial, observou-se a ausência de abordagens que integrem a gestão da qualidade ao contexto operacional desse processo, considerando suas variáveis específicas e a interdependência com outros setores da produção.

Diante disso, o tema foi consolidado a partir de uma pergunta de pesquisa clara e viável, formulada com base na técnica da “pirâmide invertida”, proposta por Rudio (2020): Como elaborar uma estrutura metodológica capaz de diagnosticar, de forma sistemática, objetiva e adaptada à realidade industrial, a gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas sucroenergéticas? Essa definição permitiu delimitar com precisão o escopo da investigação, assegurar coerência metodológica e direcionar os esforços do estudo para um problema real e relevante do setor.

3.2 Classificação da pesquisa

Classificar uma pesquisa é uma etapa fundamental do planejamento científico, pois contribui para estruturar o estudo com base em sua natureza, objetivos, abordagem e procedimentos metodológicos. Segundo Gil (2019, p. 42), “a classificação da pesquisa fornece uma visão mais clara do caminho que será seguido, facilitando a organização lógica do estudo”. Essa definição ajuda a manter a coerência entre o que se pretende investigar, os métodos escolhidos e os resultados esperados. Além disso, torna mais claro para o leitor o percurso metodológico adotado, reforçando a lógica, o rigor e a transparência do processo investigativo.

3.2.1 Natureza da pesquisa

A pesquisa científica é uma forma organizada de buscar novos conhecimentos, e ela costuma ser dividida em duas categorias principais: pesquisa básica e pesquisa aplicada. A diferença entre elas está tanto nos objetivos quanto na maneira como são feitas e nos resultados que geram. A pesquisa básica, por exemplo, tem como foco a ampliação do conhecimento teórico, sem uma preocupação imediata com a aplicação prática ela busca compreender fenômenos de forma mais ampla e aprofundada. Já a pesquisa aplicada, como explica Moresi (2003, p. 8), visa gerar conhecimentos que possam ser usados na prática, focando na solução de problemas reais e ligados ao contexto local. É justamente esse o foco deste estudo: ele se encaixa como uma pesquisa aplicada, pois tem como principal objetivo trazer soluções práticas e estratégicas para lidar com desafios específicos na gestão da qualidade no setor sucroenergético.

3.2.2 Abordagem do problema

A abordagem do problema adotada nesta pesquisa é de natureza mista, pois articula métodos qualitativos e quantitativos na investigação do fenômeno estudado. Essa escolha metodológica parte do entendimento de que a gestão da qualidade, especialmente em contextos industriais complexos como o setor de evaporação, demanda múltiplos olhares: a análise estrutural dos processos e sistemas, e a interpretação das práticas e percepções envolvidas.

A combinação entre os dois enfoques possibilitou explorar tanto a lógica sistêmica que organiza a gestão da qualidade, quanto a mensuração do seu nível de desenvolvimento. O método qualitativo esteve presente na formulação do modelo teórico e na organização dos subsistemas avaliativos. O método quantitativo, por sua vez, foi aplicado na coleta e análise dos

dados empíricos, permitindo avaliar o desempenho dos subsistemas por meio de indicadores numéricos.

Como destacam Creswell e Plano Clark (2011), os métodos mistos “fornecem uma compreensão mais completa dos problemas de pesquisa do que os métodos isolados”. Da mesma forma, Gil (2019, p. 27) afirma que “a abordagem mista permite integrar os significados atribuídos pelos sujeitos à realidade estudada com a análise objetiva dos dados coletados”.

Dessa forma, a abordagem mista adotada neste estudo permitiu uma compreensão mais completa, coerente e aplicada da realidade observada, garantindo maior profundidade analítica e confiabilidade aos resultados obtidos.

3.2.3 Quanto aos fins

Quanto à finalidade, a pesquisa é classificada como metodológica. A pesquisa metodológica envolve o desenvolvimento de ferramentas para coletar ou manipular informações sobre a realidade. Está relacionada a métodos, estratégias e procedimentos utilizados para alcançar um objetivo específico (MORESI, 2003). Se diferenciando das pesquisas descritivas e explicativas pelo seu foco na elaboração e aplicação de um instrumento para diagnóstico da gestão da qualidade. De acordo com Hernández, Fernández e Baptista (2013), a pesquisa metodológica tem como finalidade o desenvolvimento, a validação e a aplicação de instrumentos e técnicas que possibilitem a coleta e análise eficaz de dados, distinguindo-se da pesquisa descritiva, que se limita à caracterização de fenômenos, e da explicativa, que busca compreender suas causas.

3.2.4 Quanto aos meios de investigação

A presente pesquisa enquadra-se como uma pesquisa de campo, uma vez que envolve a coleta direta de dados no ambiente em que o fenômeno ocorre, permitindo uma compreensão aprofundada da gestão da qualidade no setor de evaporação do caldo em usinas de açúcar. Segundo Moresi (2003), a pesquisa de campo é caracterizada como uma investigação empírica realizada no local onde o fenômeno se manifesta ou que apresenta condições para explicá-lo. Nesse contexto, a investigação foi conduzida no próprio ambiente industrial, possibilitando a obtenção de informações primárias por meio da aplicação de questionário estruturado e da observação direta dos processos e práticas adotadas no setor, assegurando maior fidelidade à realidade estudada.

3.3 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi conduzida de forma sistemática com o objetivo de estabelecer os fundamentos teóricos e práticos necessários à formulação de um modelo diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação em usinas de açúcar. Para garantir rigor metodológico e abrangência temática, a revisão seguiu as orientações de Sampaio e Mancini (2007) e Severino (2017), sendo planejada para integrar referenciais clássicos da qualidade com abordagens aplicadas à realidade industrial.

Inicialmente, foram definidos os principais eixos temáticos a serem explorados, abrangendo desde os Fundamentos da Qualidade Total (TQM) até as especificidades do processo de evaporação. Entre os temas priorizados, destacaram-se: os princípios de Deming, Juran e Feigenbaum; os modelos sistêmicos de gestão da qualidade, especialmente o proposto por Feigenbaum; as normas técnicas de referência, com ênfase na ISO 9001:2015; os indicadores de desempenho e os mecanismos de avaliação da qualidade em processos produtivos; os métodos multicritério de apoio à decisão; e os desafios técnicos e estratégicos enfrentados pela indústria sucroenergética, como a eficiência energética e a variabilidade operacional.

A busca por materiais foi realizada nas bases de dados Scopus, ScienceDirect, SciELO, *Sugar Tech* e *International Sugar Journal*, priorizando publicações com acesso ao texto completo e aderência aos temas definidos. Foram utilizados descritores como “gestão da qualidade”, “evaporação industrial”, “subsistemas da qualidade”, “eficiência térmica” e “setor sucroenergético”, combinados por meio de operadores booleanos, com o objetivo de aumentar a precisão e a abrangência dos resultados.

A triagem dos materiais envolveu uma leitura inicial de títulos e resumos, com critérios de inclusão focados em estudos aplicados à indústria e práticas de diagnóstico organizacional. Os textos selecionados foram submetidos à leitura integral, permitindo a identificação de conceitos-chave, ferramentas metodológicas relevantes e lacunas na literatura. O conteúdo foi posteriormente sistematizado em categorias temáticas, destacando as contribuições aplicáveis ao modelo de subsistemas da qualidade proposto nesta pesquisa, bem como evidenciando a escassez de modelos diagnósticos customizados para o processo de evaporação.

Essa abordagem bibliográfica estruturada permitiu não apenas consolidar o referencial teórico da pesquisa, mas também embasar a originalidade do estudo ao propor a integração de princípios sistêmicos e critérios técnicos de avaliação a um setor industrial ainda pouco explorado sob essa ótica diagnóstica.

3.4 Definição do escopo abrangência e estrutura do diagnóstico de qualidade

A escolha do setor de evaporação não foi por acaso: essa etapa é uma das mais importantes dentro do processo produtivo, já que influencia diretamente o consumo de energia, a eficiência térmica e o desempenho da usina como um todo. O estudo foi conduzido em uma única unidade industrial, o que viabilizou o acesso direto às informações e a aplicação prática do diagnóstico. Ademais, contou com a contribuição de especialistas com experiência consolidada no ambiente industrial investigado.

A base do modelo de diagnóstico vem dos princípios do Sistema Total de Qualidade, proposto por Feigenbaum (1994). Ele entende que a qualidade deve ser algo integrado à empresa inteira, e não um setor isolado. É uma função que atravessa todas as áreas e todos os níveis da organização um verdadeiro sistema articulado. Além dessa base teórica, o modelo também se apoiou em normas de gestão da qualidade bem consolidadas, como: ISO 9001:2015, que trata de padronização e melhoria contínua; ISO 9004:2018, que amplia a visão da qualidade para o sucesso sustentado da empresa; NBR ISO 19011:2018, que orienta como devem ser feitas auditorias internas algo essencial quando se quer fazer um diagnóstico estruturado e confiável.

Adicionalmente, foram utilizados como referência modelos de excelência amplamente reconhecidos, como o Modelo de Excelência da Gestão (MEG) da Fundação Nacional da Qualidade FNQ (2022), o Modelo Malcolm Baldrige (NIST, 2021) e o Modelo Europeu de Excelência (EFQM) (EFQM, 2020), os quais oferecem estruturas consolidadas para avaliação da maturidade da gestão e orientação para a transformação organizacional.

No caso do setor de evaporação, esse olhar foi ainda mais aprofundado: além da estrutura formal, o modelo considerou a efetividade real dos mecanismos de gestão, o quanto as práticas estão ligadas às estratégias da empresa, a formação das equipes, a forma como os dados operacionais são integrados e como as informações chegam aos tomadores de decisão.

3.5 Aplicação em campo

Após a elaboração do instrumento de diagnóstico da gestão da qualidade, procedeu-se à etapa de validação de conteúdo do questionário, realizada com a participação de especialistas da área. Nessa etapa, buscou-se verificar a adequação conceitual e a clareza operacional das questões propostas, bem como a coerência do conjunto de itens em relação aos subsistemas definidos na estrutura metodológica do estudo.

Os especialistas avaliaram se as questões representavam adequadamente as práticas de gestão da qualidade e se o conjunto de itens era suficiente para caracterizar cada subsistema do diagnóstico. Durante esse processo, algumas questões foram reformuladas para melhorar a precisão conceitual e a compreensão operacional, enquanto outras foram ajustadas para evitar redundâncias ou sobreposição entre subsistemas.

Após essas revisões, os especialistas consideraram que o instrumento apresentava cobertura adequada das dimensões da gestão da qualidade no setor de evaporação, resultando na versão final do questionário composta por 96 questões distribuídas entre os nove subsistemas definidos na estrutura metodológica do estudo.

Somente após essa validação de conteúdo procedeu-se à etapa de ponderação das questões por meio do método IAHP, que permitiu definir a importância relativa de cada item dentro do instrumento de diagnóstico. Concluída a ponderação, realizou-se a aplicação do questionário no ambiente da usina, com o objetivo de avaliar, de forma empírica, a gestão da qualidade no setor de evaporação a partir do instrumento desenvolvido na pesquisa.

A coleta de dados foi realizada entre maio e julho de 2025, por meio da aplicação de um questionário estruturado, elemento central da estrutura de diagnóstico proposta. O instrumento foi elaborado no Microsoft Forms e disponibilizado aos respondentes de forma eletrônica, no próprio ambiente da usina.

O questionário continha 96 questões estruturadas, distribuídas em nove subsistemas da gestão da qualidade, conforme definido na estrutura metodológica deste estudo. Essa aplicação digital buscou assegurar uniformidade nas respostas e facilitar o tratamento posterior dos dados.

A pesquisa foi conduzida em uma das unidades operacionais de um dos maiores grupos sucroenergéticos do Brasil, empresa de capital aberto listada no Novo Mercado da B3, reconhecida mundialmente pela qualidade de seus produtos.

A unidade em estudo, localizada no interior do estado de São Paulo, destaca-se pela alta capacidade de moagem, colheita totalmente mecanizada e produção integrada de açúcar, etanol e energia elétrica, garantindo autossuficiência energética. Além disso, a usina opera sob um Sistema de Gestão Integrada (SGI) que abrange as áreas de Qualidade, Segurança de Alimentos, Saúde e Segurança Ocupacional, Meio Ambiente e Responsabilidade Social, respaldado por certificações internacionais que asseguram a conformidade de seus processos com os mais altos padrões técnicos e normativos do setor.

O questionário foi respondido por quatro colaboradores da própria empresa, selecionados por sua ampla experiência em qualidade industrial e/ou no setor de evaporação. Os dados coletados são de natureza quantitativa, obtidos por meio de uma escala Likert de cinco

pontos, que permitiu avaliar o grau de aderência das práticas observadas aos princípios da gestão da qualidade. A escala likert são apresentados na Tabela 3.

Tabela 1 - Escala Likert utilizada na aplicação do questionário.

Nota	Interpretação escala Likert
1	Não há prática implantada ou a situação é totalmente desfavorável
2	A prática é incipiente, falha ou pouco aderente às diretrizes da qualidade
3	A prática existe, mas é instável ou possui eficácia limitada
4	A prática está implantada, mas ainda carece de aprimoramento
5	A prática está consolidada, padronizada e alinhada aos objetivos estratégicos

Fonte: Autoria Própria

A escolha dos especialistas buscou garantir diversidade de perspectivas e representatividade técnica. O perfil dos participantes está descrito na Tabela 4, que detalha suas formações, experiências profissionais e cargos atuais na usina.

Tabela 2 - Perfil e experiência dos especialistas participantes da aplicação do questionário

Especialista	Formação acadêmica	Experiencia setor sucroenergético	Cargo
E.A	Eng. Química	6 anos	Engenheiro de processos
E. B	Administrador	37 anos	Suporte técnico qualidade
E.C	Eng. Mecânica	22 anos	Operador de processo SR
E. D	Tecnólogo Açúcar	15 anos	Operador de processo PL

Fonte: Autoria Própria

As respostas obtidas refletem a percepção técnica de profissionais que vivenciam diretamente as rotinas operacionais do processo, conferindo validade e aderência prática aos resultados.

Para verificar a concordância entre os quatro especialistas que responderam ao questionário, foi calculado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) no software SPSS. Utilizou-se o modelo misto de dois fatores (Two-Way Mixed Model), com tipo de concordância absoluta (Absolute Agreement) e intervalo de confiança de 95%, o que corresponde, segundo Koo e Li (2016), ao modelo ICC(3,k).

Essa configuração foi adotada por ser adequada a situações em que os mesmos avaliadores analisam todos os itens e se busca verificar o grau de concordância real entre as respostas, considerando que todos compartilham conhecimento técnico sobre o tema. O

objetivo dessa análise foi assegurar a confiabilidade do instrumento aplicado e confirmar que as respostas apresentaram consistência interna suficiente para sustentar a validade dos resultados obtidos no diagnóstico da gestão da qualidade.

3.6 Discussão dos resultados

A discussão dos resultados seguiu a sequência metodológica adotada no estudo, iniciando pela etapa de ponderação das questões e avançando para a aplicação do diagnóstico em campo, análise por subsistemas e cálculo do desempenho global da gestão da qualidade no setor de evaporação.

Inicialmente, as avaliações de especialistas referentes aos critérios de relevância foram processadas pelo método IAHP (Improved Analytic Hierarchy Process), resultando nos índices relativos das questões do instrumento, representados por W_i . Esses índices expressam a importância relativa de cada questão dentro do diagnóstico global. A consistência das avaliações foi verificada por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), calculado no IBM SPSS Statistics, garantindo confiabilidade na ponderação utilizada nas etapas subsequentes.

Na etapa de aplicação em campo, as respostas dos especialistas foram consolidadas por questão e organizadas segundo os subsistemas do modelo diagnóstico. Para cada questão, calculou-se inicialmente a média normalizada das avaliações, denominada MN_i , obtida pela normalização da média aritmética das notas dos especialistas em relação ao valor máximo da escala Likert:

$$MN_i = \frac{A_i + B_i + C_i + D_i}{20}$$

onde:

A_i, B_i, C_i, D_i correspondem às avaliações atribuídas pelos especialistas à questão i ; 20 representa o valor máximo possível (4 especialistas \times 5 pontos).

Em seguida, utilizou-se o índice relativo da questão (W_i), obtido na etapa de ponderação pelo IAHP. Como cada subsistema é composto apenas por parte das questões do instrumento, foi necessária a normalização dos índices relativos dentro do próprio subsistema, gerando o peso normalizado WNI_i , calculado por:

$$WNI_i = \frac{W_i}{\sum W}$$

em que:

$\sum W$ representa a soma dos índices relativos das questões pertencentes ao subsistema.

Essa normalização garante que a soma dos pesos das questões dentro de cada subsistema seja igual a 1, permitindo a análise proporcional do desempenho interno.

A nota da questão no subsistema (NS_i) foi calculada pela multiplicação entre a média normalizada e o peso normalizado:

$$NS_i = MN_i \times WNI_i$$

A nota final de cada subsistema foi obtida pela soma das contribuições das questões que o compõem, sendo posteriormente convertida para escala percentual:

$$NS_{total} = (\sum NS_i) \times 100$$

Esse procedimento permitiu comparar os subsistemas em uma escala comum, facilitando a identificação de pontos fortes e fragilidades da gestão da qualidade.

Após a análise individual dos subsistemas, procedeu-se ao cálculo do desempenho global da gestão da qualidade na unidade estudada. Diferentemente do cálculo dos subsistemas, o desempenho global considera simultaneamente todas as questões do instrumento, não sendo necessária nova normalização dos pesos, uma vez que os índices relativos W_i já representam a ponderação global definida pelo IAHP.

A nota global de cada questão foi calculada por:

$$NG_i = MN_i \times W_i$$

onde:

NG_i representa a contribuição ponderada da questão i para o desempenho global.

O desempenho global da usina foi obtido pela soma das notas globais de todas as questões:

$$NG_{global} = \sum NG_i$$

Esse resultado representa o desempenho consolidado do sistema de gestão da qualidade do setor de evaporação, integrando simultaneamente o desempenho observado na aplicação do diagnóstico e a importância relativa das questões definida na etapa de ponderação.

A análise integrada dos resultados permitiu realizar uma leitura transversal do sistema de gestão da qualidade, avaliando a coerência entre planejamento, controle operacional, recursos humanos, infraestrutura e mecanismos de acompanhamento da qualidade. Dessa forma, os resultados forneceram base técnica para a interpretação do nível de maturidade da gestão da qualidade e para a proposição de recomendações gerenciais direcionadas à melhoria do desempenho do setor.

4 CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA DE DIAGNÓSTICO

4.1 Elaboração da estrutura de diagnóstico da Qualidade no setor de evaporação em usinas de açúcar

A estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade proposta nesta pesquisa, apresentada nesta seção composta por subsistemas, questionário e sistema de ponderação foi desenvolvida por meio de um processo de integração teórica e adaptação ao contexto industrial do setor sucroenergético. O ponto de partida foi o modelo sistêmico de Nóbrega (1990), fundamentado nos princípios do Sistema Total da Qualidade de Feigenbaum (1994), que concebe a gestão da qualidade como um sistema organizacional formado por funções interdependentes. Essa perspectiva orientou a organização inicial da qualidade em dimensões estratégicas, gerenciais e operacionais.

Na etapa seguinte, essa base conceitual foi confrontada com referenciais normativos e modelos de excelência organizacional. As normas ISO 9001:2015, ISO 9004:2018 e ISO 19011:2018 contribuíram para a definição de elementos estruturais do sistema de gestão da qualidade, como padronização de processos, responsabilidades organizacionais, monitoramento de indicadores e auditoria. Os modelos de excelência FNQ, EFQM e Malcolm Baldrige reforçaram a abordagem sistêmica da gestão e a organização da qualidade em dimensões relacionadas à liderança, estratégia, pessoas, processos e resultados. A dimensão estratégica da qualidade foi complementada pelos conceitos de Hayes e Wheelwright (1984), que destacam a capacidade de manufatura como fonte de vantagem competitiva.

A partir dessa convergência teórica, procedeu-se à sistematização dos elementos da gestão da qualidade em subsistemas analíticos, definidos conforme sua função no sistema de gestão e sua relação com o processo produtivo. Esse processo resultou na consolidação de nove subsistemas interdependentes, que representam diferentes dimensões da gestão da qualidade no setor de evaporação:

1 Capacidade Estratégica; 2 Gerenciamento da Qualidade; 3 Planejamento da Qualidade do Produto; 4 Planejamento da Qualidade do Processo; 5 Desenvolvimento de Recursos Humanos; 6 Equipamentos para Informação da Qualidade 7 Indicadores da Qualidade; 8 Controle da Qualidade do Processo; 9 Controle da Qualidade do Produto

Cada subsistema corresponde a um conjunto de práticas e mecanismos de gestão associados a uma função específica da qualidade no ambiente industrial. Sua integração decorre da lógica do sistema produtivo contínuo, no qual decisões estratégicas orientam o planejamento

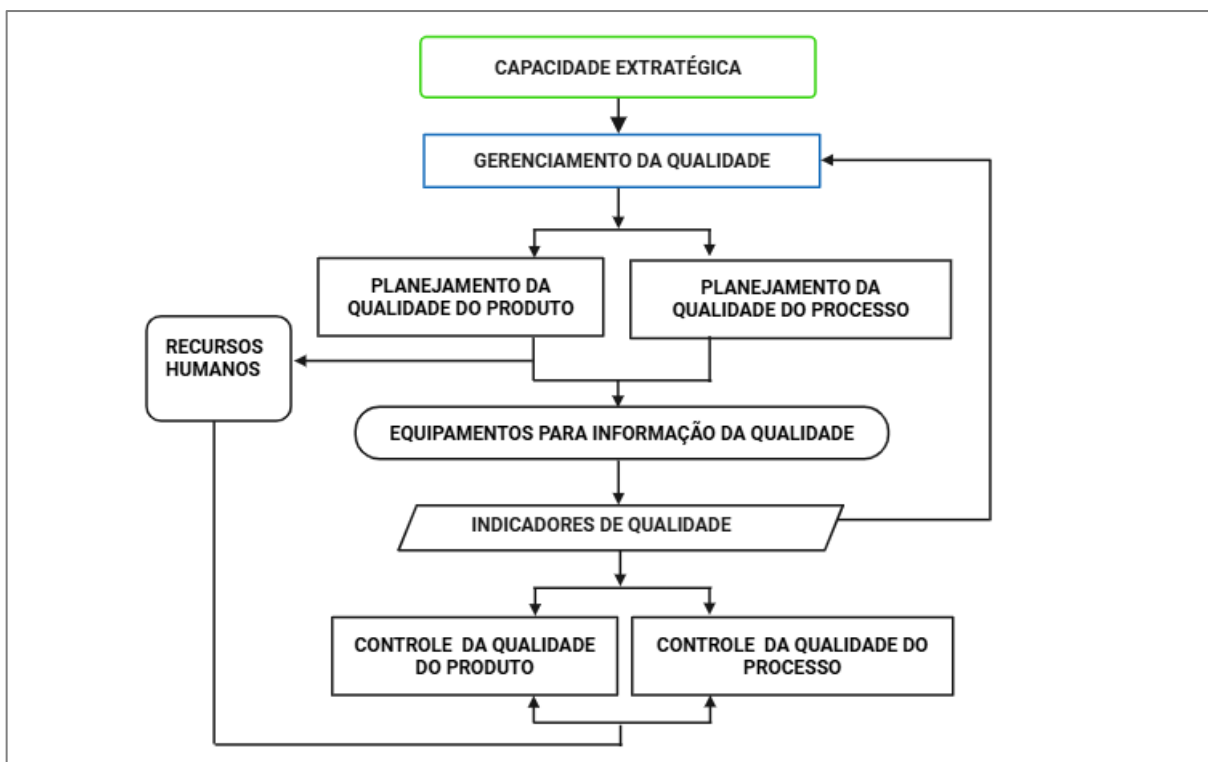
da qualidade, que se desdobra na execução dos processos, na geração de informações e no controle da qualidade.

Assim, a estrutura de diagnóstico foi concebida como um sistema integrado de análise da gestão da qualidade. A capacidade estratégica orienta o gerenciamento da qualidade, que se desdobra no planejamento da qualidade do produto e do processo; esses dependem do desenvolvimento de recursos humanos, da disponibilidade de equipamentos para informação da qualidade e da definição de indicadores. Os subsistemas de controle da qualidade do processo e do produto completam o ciclo de gestão, fornecendo informações que retroalimentam o sistema e sustentam a melhoria contínua. Dessa forma, a estrutura composta pelos nove subsistemas, pelo questionário e pelo sistema de ponderação constitui um modelo integrado de diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação, permitindo avaliar de forma sistêmica a relação entre estratégia, processos, pessoas, informação e resultados.

4.2 Fragmentação da gestão da qualidade em subsistemas

A fragmentação da gestão da qualidade em subsistemas permite uma análise da abrangência de cada etapa do processo e de seus liames. Cada subsistema possui uma dinâmica interna própria, mas está interligado aos demais, de modo a constituir um “todo” racionalizado na direção de um diagnóstico exequível, a Figura 4 a estrutura integrada dos subsistemas.

Figura 4 - Estrutura integrada dos subsistemas para o diagnóstico da qualidade



Fonte Autoria Própria

A capacidade estratégica constitui o subsistema responsável por avaliar se a fabricação é capaz de sustentar vantagem competitiva em seu contexto operacional, especialmente no que se refere ao desenvolvimento tecnológico e à coerência entre a estratégia da organização e as práticas produtivas. A partir dessa base estratégica, o gerenciamento da qualidade atua como elemento integrador dos demais subsistemas, assegurando que os objetivos da qualidade sejam traduzidos em práticas operacionais e acompanhados por mecanismos de controle e melhoria contínua.

No nível do planejamento, a gestão da qualidade se desdobra em dois subsistemas complementares: o planejamento da qualidade do produto e o planejamento da qualidade do processo. O primeiro verifica a existência, a definição e a disseminação dos padrões de qualidade do produto, enquanto o segundo analisa os planos operacionais, a padronização das atividades e as práticas de melhoria contínua voltadas à estabilidade e eficiência do processo produtivo.

A execução dessas atividades depende de subsistemas de suporte, como o desenvolvimento de recursos humanos e os equipamentos para informação da qualidade. O subsistema de recursos humanos avalia a capacitação da equipe e o desenvolvimento das competências técnicas necessárias à operação do setor, enquanto o subsistema de equipamentos para informação da qualidade verifica a disponibilidade, manutenção e calibração dos instrumentos utilizados para controle e monitoramento do processo.

Complementarmente, o subsistema de indicadores da qualidade analisa a capacidade do setor de coletar, processar e utilizar informações para a tomada de decisão, transformando dados operacionais em informações que orientem ações corretivas, preventivas e de melhoria contínua. Por fim, os subsistemas de acompanhamento da qualidade do produto e do processo avaliam, respectivamente, a conformidade do produto às especificações estabelecidas e a aderência das operações aos parâmetros definidos, fechando o ciclo de controle e retroalimentação da gestão da qualidade.

Assim, a fragmentação da gestão da qualidade em subsistemas permite compreender o diagnóstico não como a análise de elementos isolados, mas como a avaliação de um sistema integrado de gestão, no qual estratégia, planejamento, execução, informação, pessoas e controle se articulam para sustentar o desempenho da qualidade no setor de evaporação.

4.3 Relações entre os Subsistemas da Gestão da Qualidade no Setor de Evaporação

Os subsistemas desenvolvidos para compor a estrutura de diagnóstico da qualidade proposta nesta pesquisa foram concebidos com base em uma lógica sistêmica, que considera a interdependência e a retroalimentação contínua entre as partes do sistema. Cada subsistema mantém relações funcionais, operacionais e estratégicas com os demais, formando um conjunto integrado que representa de forma mais realista o funcionamento da gestão da qualidade no setor de evaporação. Essas interações envolvem fluxos de informação, orientações, demandas e respostas, o que permite que o desempenho de um subsistema influencie, direta ou indiretamente, os demais caracterizando uma estrutura dinâmica, adaptável e alinhada ao princípio da melhoria contínua.

A dinâmica relacional entre os subsistemas desenvolvidos neste modelo de diagnóstico reflete uma estrutura de gestão da qualidade integrada e adaptativa. A Capacidade Estratégica ocupa uma posição de comando, responsável por estabelecer diretrizes, metas e critérios de desempenho que orientam o funcionamento sistêmico. Seu papel é garantir que os objetivos organizacionais estejam refletidos em todos os níveis operacionais, influenciando diretamente os demais subsistemas por meio de demandas estratégicas e expectativas de resultados.

A partir desse direcionamento, o Gerenciamento da Qualidade atua como o núcleo operacional do sistema, sendo o responsável por articular os processos de planejamento, execução, controle e melhoria contínua. Ele traduz as orientações estratégicas em ações coordenadas, promovendo a coerência entre os subsistemas e assegurando que as decisões sejam implementadas de forma alinhada e eficaz. Essa interação entre estratégia e gestão operacional estabelece o eixo central de integração do modelo.

Os subsistemas de Planejamento da Qualidade do Produto e Planejamento da Qualidade do Processo operam como desdobramentos táticos do núcleo gestor. O primeiro define os requisitos de qualidade a serem atingidos em relação aos produtos, enquanto o segundo estabelece os métodos e rotinas que viabilizam a execução conforme os padrões definidos. Ambos mantêm relações circulares de dependência com os demais subsistemas: eles orientam, por exemplo, o Desenvolvimento de Recursos Humanos, indicando as competências técnicas necessárias para a execução das rotinas, ao passo que também recebem feedbacks sobre a viabilidade prática e a eficácia das ações implementadas.

No campo do monitoramento e da retroalimentação, os subsistemas Equipamentos para Informação da Qualidade e Indicadores da Qualidade formam o eixo de suporte analítico. O primeiro garante a coleta de dados confiáveis e contínuos durante a operação, enquanto o

segundo transforma essas informações em indicadores quantitativos e qualitativos, oferecendo subsídios diretos para o controle, o ajuste de planos e a tomada de decisão. Esses subsistemas mantêm uma relação bidirecional com todos os demais, abastecendo-os com dados analíticos e recebendo deles as variáveis a serem monitoradas, o que constitui um ciclo permanente de geração, interpretação e uso de informações.

Já os subsistemas de Acompanhamento da Qualidade do Processo e do Produto desempenham a função de verificação e validação contínua, assegurando que os padrões definidos estejam sendo cumpridos na prática. Eles não apenas medem a conformidade, mas também atuam como postos-chave de retroalimentação, gerando alertas, recomendações e ajustes que percorrem todo o sistema. As informações geradas nessas etapas podem desencadear modificações nas rotinas operacionais, na capacitação técnica, nos métodos de controle e até mesmo em reorientações estratégicas, fechando o ciclo da gestão da qualidade de forma responsiva e evolutiva.

Essa estrutura de relações interdependentes e fluxos contínuos de informação confere ao modelo a capacidade de diagnosticar a gestão da qualidade de forma integrada, dinâmica e contextualizada. Em vez de avaliar os subsistemas de modo isolado, o modelo permite compreender como as interações entre eles influenciam o desempenho global, favorecendo a identificação das causas sistêmicas de falhas, os pontos de excelência e as oportunidades de melhoria. Com isso, a ferramenta proposta se consolida como um instrumento prático e eficaz de suporte a decisões, voltado ao aperfeiçoamento contínuo da qualidade no setor de evaporação.

4.4 Elaboração das Questões do Instrumento de Diagnóstico

A elaboração das questões da estrutura de diagnóstico foi realizada de forma sistemática, combinando referenciais teóricos consolidados com contribuições originais adaptadas ao contexto do setor de evaporação. Essas referências sustentaram a criação das questões voltadas ao gerenciamento da qualidade, planejamento da qualidade do produto e do processo, desenvolvimento de recursos humanos, equipamentos para informação da qualidade, acompanhamento da qualidade do processo e do produto, além dos indicadores da qualidade. A formulação buscou traduzir os requisitos normativos para o ambiente industrial específico das usinas de açúcar, respeitando a terminologia e as condições operacionais do setor de evaporação.

Além das referências teóricas e normativas, a elaboração das questões também incorporou elementos originais. Essa originalidade foi necessária para capturar as particularidades da gestão da qualidade em um processo contínuo e termicamente sensível como a evaporação. Foram incluídas, portanto, perguntas que abordam diretamente o desempenho energético, a padronização operacional, a integração com outros setores e a relação entre práticas operacionais e resultados estratégicos.

O instrumento final consolida-se em 96 questões. Resulta daí uma ferramenta abrangente, capaz de diagnosticar, de maneira integrada, o desempenho técnico, gerencial e estratégico do setor de evaporação. O questionário completo encontra-se disponível no Apêndice A.

4.5 Ponderação das Questões do Instrumento de Diagnóstico

Após a definição dos subsistemas da gestão da qualidade e da elaboração do instrumento de diagnóstico, realizou-se a etapa de ponderação das questões, com o objetivo de definir o índice de relevância relativa de cada uma das 96 questões do questionário. Essa etapa foi estruturada em procedimentos sequenciais destinados a identificar o quanto cada item contribui, de forma proporcional, para a avaliação global da gestão da qualidade no setor de evaporação, assegurando que o diagnóstico refletisse não apenas o desempenho observado, mas também a importância relativa de cada questão na composição dos resultados.

1. Definição do objetivo: estabelecer um índice de relevância para cada uma das 96 questões do instrumento de diagnóstico.

2. Seleção dos especialistas: três profissionais com experiência em qualidade e/ou setor de evaporação participaram da avaliação. A Tabela 3 apresenta-se um resumo do perfil profissional dos especialistas participantes da etapa de ponderação do questionário.

3. Atribuição de notas: cada especialista avaliou individualmente as 96 questões, usando uma escala Likert de 1 a 5 aplicada a sete critérios de relevância.

4. Critérios utilizados: alinhamento estratégico, eficiência operacional, integração com outros setores, redução de custos, custo de implementação, controlabilidade e mensurabilidade.

5. Cálculo das médias: as médias das notas atribuídas a cada critério foram calculadas, formando um vetor de sete valores por questão. No Apêndice B, a Tabela 16 apresenta as notas atribuídas pelos especialistas, as médias por critério.

6. Os vetores foram inseridos no software MindDecider, cuja estrutura computacional é baseada no método IAHP (Improved Analytic Hierarchy Process), responsável por calcular automaticamente o valor bruto de relevância de cada questão.

Tabela 3 – Perfil dos especialistas participantes da etapa de ponderação do questionário

Especialista	Formação acadêmica	Experiencia setor sucroenergético	Cargo
E1	Eng. Química	6 anos	Engenheiro de processos
E2	Administrador	30 anos	Suporte técnico qualidade
E3	Eng. Mecânica	22 anos	Operador de processo SR

Fonte: Aatoria Própria

Os especialistas convidados analisaram individualmente as 96 questões do instrumento de diagnóstico. Para cada uma delas, foi atribuída uma nota de 1 a 5 para cada um dos sete critérios estabelecidos, com base na percepção de aderência entre a questão avaliada e o critério em questão. As notas seguiram uma escala Likert, apresentada a seguir, que define o grau de relevância percebido para cada critério aplicado à questão, a Tabela 2, apresenta a escala utilizada para atribuição das notas, com a respectiva interpretação de cada nível de relevância adotado pelos especialistas.

Tabela 4 - Escala likert para avaliação do grau de relevância dos critérios aplicado a cada questão

Nota	Significado	Interpretação prática no contexto das questões
1	Relevância muito baixa	A questão não afeta o critério ou seu impacto é irrelevante.
2	Relevância baixa	Possui pouca relação com o critério ou impacto indireto.
3	Relevância moderada	A questão tem ligação clara, mas não é decisiva.
4	Relevância Alta	A questão influencia fortemente o critério e seu impacto é importante para a qualidade ou desempenho
5	relevância muito Alta	Questão essencial, com forte impacto estratégico ou operacional.

Fonte: Aatoria Própria

Em seguida, apresenta-se a descrição dos sete critérios utilizados, com seus respectivos significados, que orientaram a avaliação dos especialistas. A seleção dos critérios utilizados para ponderar cada questão do instrumento de diagnóstico teve como base princípios amplamente reconhecidos na literatura sobre gestão da qualidade, e avaliação organizacional. Esses critérios visam capturar aspectos estratégicos, operacionais e práticos que influenciam a importância de cada item na análise da gestão da qualidade.

1. Alinhamento com os Objetivos Estratégicos: Este critério avalia em que medida a questão contribui diretamente para o atingimento das metas organizacionais. A literatura de gestão enfatiza que a qualidade deve estar integrada aos objetivos estratégicos da empresa, reforçando o alinhamento entre processos e resultados esperados (HARRINGTON, 1993; ISO, 2018).

2. Influência na Eficiência Operacional: Refere-se à capacidade da questão promover ganhos de produtividade, racionalização de recursos ou melhoria nos processos operacionais. A busca por eficiência é um princípio basilar da gestão da qualidade, conforme defendido por Garvin (1992) e Juran (1992), e deve ser considerada ao avaliar a relevância de práticas e controles na indústria.

3. Integração com Outros Setores: Este critério considera o grau de interdependência da questão com outras áreas da organização, refletindo sua abrangência sistêmica. A abordagem da qualidade total valoriza a visão sistêmica e a cooperação interfuncional como elementos-chave da eficácia organizacional (FEIGENBAUM, 1994; DEMING, 1990).

4. Capacidade de Reduzir Custos: Indica o potencial da questão para contribuir na redução de desperdícios, retrabalhos ou perdas financeiras. Esse aspecto dialoga com os princípios do Lean Manufacturing e com a função econômica da gestão da qualidade (OHNO, 1997; JURAN, 1992).

5. Custo de Implementação/Mediação: Avalia a viabilidade econômica e técnica de se aplicar controles, práticas ou melhorias associadas à questão. A ISO 9004:2018 recomenda considerar o custo-benefício das ações propostas no sistema de gestão da qualidade (ISO, 2018).

6. Controlabilidade (Capacidade de Ação): Refere-se à possibilidade prática de controlar ou agir sobre o aspecto avaliado. Esse critério está relacionado ao conceito de controle da qualidade como processo contínuo de monitoramento e ação corretiva (MONTGOMERY, 2009).

7. Mensurabilidade / Objetividade: Avalia se os dados ou evidências relacionadas à questão são mensuráveis, auditáveis ou observáveis de forma objetiva. Esse critério está em consonância com os princípios da ISO 19011:2018, que orienta a verificação objetiva em auditorias e avaliações da qualidade. O Quadro 2 - sintetiza os critérios utilizados na análise multicritério, destacando o foco avaliativo atribuído a cada dimensão.

Quadro 2 - Critérios e enfoques analíticos

Critério	Enfoque Analítico
Alinhamento com os objetivos estratégicos	Mede o quanto a questão contribui para os objetivos e metas da organização.
Influência na eficiência operacional	Avalia o impacto da questão na melhoria do desempenho dos processos e rotinas.
Integração com outros setores	Reflete o grau de conexão da questão com áreas correlatas dentro da organização.
Capacidade de reduzir custos	Considera o potencial da questão em minimizar desperdícios e gerar economia.
Custo de implementação/mediação	Avalia a viabilidade da aplicação da ação relacionada à questão, em termos financeiros e operacionais.
Controlabilidade (capacidade de ação)	Mede o quanto a organização consegue agir diretamente sobre o item avaliado.
Mensurabilidade / objetividade	Indica se o conteúdo da questão pode ser avaliado com base em dados claros e objetivos.

Fonte: Autoria Própria

A partir dessas avaliações, foi calculada a média das notas de cada critério por questão, formando um vetor de sete valores médios para cada uma das 96 questões. Esse conjunto de vetores foi inserido no software MindDecider, que calculou a ponderação relativa de cada item do questionário. O software MindDecider somou cada vetor, gerando um valor bruto de relevância por questão, o que resultou no Índice de Relevância da Questão (IRQ) expresso em valor percentual atribuído a cada item, representando sua importância relativa dentro do diagnóstico. Os índices variaram aproximadamente entre 0,9% e 1,2%, refletindo pequenas variações proporcionais entre os itens, mas com impacto significativo na análise final.

Por fim, esses índices foram aplicados na fase seguinte da metodologia: cada nota de desempenho atribuída às questões (durante a aplicação do instrumento na usina) será multiplicada por seu respectivo índice, garantindo que o resultado do diagnóstico reflita não apenas o desempenho observado, mas também o peso real que cada item possui dentro da gestão da qualidade no setor de evaporação.

Para verificar o grau de concordância entre os especialistas na etapa de ponderação dos critérios, foi calculado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) no software SPSS. Utilizou-se o modelo misto de dois fatores (Two-Way Mixed Model), com tipo de concordância absoluta (Absolute Agreement) e intervalo de confiança de 95%. De acordo com Koo e Li (2016), essa configuração corresponde ao modelo ICC(3,k), apropriado quando os mesmos avaliadores analisam todos os itens e são considerados fixos no estudo, como ocorre na ponderação realizada por especialistas com conhecimento técnico específico.

A adoção do tipo de concordância absoluta deve-se ao fato de que o interesse da análise não é apenas verificar a tendência de respostas semelhantes, mas avaliar se as notas atribuídas pelos especialistas são efetivamente iguais, garantindo uniformidade real nos julgamentos. O cálculo teve como objetivo confirmar a consistência das avaliações atribuídas aos sete critérios de relevância, assegurando a confiabilidade das ponderações utilizadas na composição dos pesos relativos de cada questão da estrutura de diagnóstico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos nas etapas de ponderação e aplicação do diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação. A organização dos resultados segue a sequência metodológica adotada, iniciando pela etapa de ponderação das questões, em que foram definidos os índices relativos de relevância do questionário, seguida pela aplicação do questionário em campo e pela análise das respostas dos especialistas.

Na etapa de ponderação, são apresentados os resultados consolidados das avaliações dos três especialistas, cujas notas fundamentaram o cálculo dos pesos relativos das questões no software MindDecider que compõem a estrutura do diagnóstico. Em seguida, é apresentado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), calculado no software SPSS, para verificar o grau de concordância entre os avaliadores e confirmar a consistência das ponderações utilizadas.

Posteriormente, são descritos os resultados da aplicação do diagnóstico na usina, contemplando as respostas e notas atribuídas pelos quatro especialistas ao questionário estruturado. Nessa fase, o ICC foi novamente calculado, com o objetivo de avaliar a homogeneidade das percepções entre os respondentes e reforçar a confiabilidade estatística das análises.

Na sequência, são apresentados e discutidos os resultados individuais de cada subsistema da qualidade, permitindo compreender as especificidades e inter-relações entre as dimensões que compõem o sistema de gestão da qualidade no setor de evaporação.

Por fim, a seção apresenta o resultado global da usina, integrando os valores obtidos nos nove subsistemas e relacionando-os às referências teóricas e aos objetivos definidos na pesquisa, de modo a oferecer uma visão global da situação atual e contextualizada da gestão da qualidade no setor de evaporação da usina estudada, permitindo compreender de forma integrada o grau de desenvolvimento das práticas gerenciais, o nível de coerência entre os subsistemas e o alinhamento entre estratégia, operação e controle.

5.1.1 Resultados e discussões da Ponderação das Questões

A Tabela 16, apresentada no Apêndice B, sintetiza os resultados da etapa de ponderação das 96 questões do instrumento de diagnóstico. Observa-se que os especialistas A, B, C apresentaram avaliações consistentes em relação aos sete critérios de relevância alinhamento estratégico, eficiência operacional, integração com outros setores, redução de custos, custo de implementação, controlabilidade e mensurabilidade, resultando em médias normalizadas próximas entre si, o que indica homogeneidade de julgamento entre os avaliadores.

A normalização dos valores para uma escala percentual de 0 a 100 teve por objetivo assegurar maior inteligibilidade e comparabilidade aos resultados, de modo que as notas obtidas pudessem ser facilmente interpretadas e discutidas no âmbito da análise da gestão da qualidade. A distribuição dos índices mostra maior concentração de relevância em questões associadas aos critérios de eficiência operacional e alinhamento estratégico, o que reflete a percepção de que esses aspectos têm maior impacto sobre o desempenho global do setor de evaporação.

Com base nos vetores de prioridade processados pelo IAHP no software MindDecider, foram obtidos os índices relativos de cada questão, apresentados também na Tabela B1 (Apêndice B). Esses resultados evidenciam uma hierarquia clara entre os itens do instrumento, destacando as questões com maior contribuição relativa para a estrutura diagnóstica da gestão da qualidade.

De forma geral, os resultados dessa etapa indicam que a ponderação dos critérios foi consistente e refletiu adequadamente as prioridades percebidas pelos especialistas, constituindo uma base sólida para o cálculo das notas ponderadas dos subsistemas apresentado nas seções seguintes.

Em complemento à etapa de ponderação, a Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), calculado no software IBM SPSS Statistics a partir das avaliações dos especialistas.

Tabela 5- Resultado do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) obtido no SPSS da etapa de ponderação das questões

Coeficiente de correlação interclasse							
	Correlação Intraclasse ^b	Intervalo de confiança 95%		Teste F com valor true0			
		Limite inferior	Limite superior	valor	df1	df2	Sig
Medidas únicas	,935	,927	,943	44,351	671	1342	<,001
Medidas médias	,977 ^c	,974	,980	44,351	671	1342	<,001

Modelo de efeito misto bidirecional em que os efeitos das pessoas são aleatórios e os das medidas são fixos.

- O estimador é o mesmo, esteja o efeito de interação presente ou não.
- Os coeficientes de correlação interclasse tipo A que usam uma definição de concordância absoluta
- Essa estimativa é calculada considerando que o efeito de interação esteja ausente, porque ele não pode ser estimado

Fonte: software SPSS (2025)

O índice apresentou valores de ICC = 0,935 para medidas únicas e ICC = 0,977 para medidas médias, com intervalos de confiança de 0,927 a 0,943 e de 0,974 a 0,980,

respectivamente. Esses resultados evidenciam um elevado grau de concordância entre os avaliadores, enquadrando-se na categoria de excelente confiabilidade, conforme os critérios de Koo e Li (2016).

A elevada consistência observada reforça que o processo de ponderação das questões foi estável e coerente, indicando que as diferenças individuais de julgamento entre os especialistas foram mínimas. Assim, o ICC atua como um suporte estatístico à solidez das ponderações, conferindo robustez e confiabilidade ao instrumento de diagnóstico. Essa consistência metodológica assegura que os pesos atribuídos a cada questão refletem critérios compartilhados e uniformes de avaliação, fortalecendo a validade dos resultados e a aplicabilidade prática da ferramenta no contexto da gestão da qualidade do setor de evaporação.

5.2 Resultados da aplicação do questionário na usina X

Nesta seção são apresentados os resultados da aplicação do diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação da usina analisada, previamente caracterizada na Seção 3.6. O conteúdo contempla as avaliações realizadas por quatro especialistas, identificados, por razões éticas, como A, B, C e D. Inicialmente, apresenta-se a análise de concordância entre os respondentes, obtida por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC). Em seguida, são discutidos os resultados individuais de cada subsistema da qualidade e, por fim, o resultado global da usina, que integra e sintetiza as evidências obtidas nas etapas anteriores.

O Quadro 3 (Apêndice B) apresenta o conjunto completo das respostas e notas atribuídas pelos quatro especialistas A,B,C e D às 96 questões que compõem o instrumento de diagnóstico. Esse material reúne as percepções individuais dos avaliadores sobre os diferentes aspectos da gestão da qualidade no setor de evaporação, servindo como base empírica para as análises desenvolvidas. Além disso, desempenha papel essencial na transparência metodológica e no rigor científico da estrutura proposta, possibilitando o rastreamento das avaliações originais que sustentam os resultados consolidados apresentados nas subseções seguintes.

Em complemento às respostas apresentadas, procedeu-se à análise de concordância entre os especialistas por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), calculado a partir das notas atribuídas às 96 questões do instrumento. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Observa-se um $ICC = 0,294$ para medidas únicas e $ICC = 0,625$ para medidas médias, com intervalos de confiança de 0,189 a 0,409 e 0,483 a 0,734, respectivamente. Esses valores indicam um nível de concordância moderada entre os avaliadores, conforme a classificação proposta por Koo e Li (2016)

Tabela 6 - Resultado do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) obtido no SPSS das respostas do questionário

Coeficiente de correlação interclasse							
Correlação Intraclasse ^b	Intervalo de confiança 95%		Teste F com valor true0				
	Limite inferior	Limite superior	valor	df1	df2	Sig	
Medidas únicas	,294 ^a	,189	,409	2,872	95	285	<,001
Medidas médias	,625 ^c	,485	,734	2,872	95	285	<,001

Modelo de efeito misto bidirecional em que os efeitos das pessoas são aleatórios e os das medidas são fixos.

- O estimador é o mesmo, esteja o efeito de interação presente ou não.
- Os coeficientes de correlação interclasse tipo A que usam uma definição de concordância absoluta
- Essa estimativa é calculada considerando que o efeito de interação esteja ausente, porque ele não pode ser estimado

Fonte: software SPSS (2025)

Embora os resultados revelem certa variabilidade entre os julgamentos individuais, o valor obtido para medidas médias sugere que, em conjunto, as avaliações mantêm consistência aceitável para fins de análise exploratória e interpretação dos resultados. Tal achado reforça a importância da abordagem sistêmica adotada, uma vez que as diferenças de percepção entre os especialistas contribuem para enriquecer a compreensão do desempenho dos subsistemas e da gestão da qualidade de forma integrada. De modo geral, o resultado do ICC evidencia que, embora haja diferenças pontuais entre os julgamentos individuais, o conjunto das avaliações apresenta consistência suficiente para sustentar as análises subsequentes.

5.2.1 Capacidade estratégica do setor de evaporação

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para o subsistema Capacidade Estratégica, composto pelas questões 1 a 14 do instrumento de diagnóstico. As notas atribuídas pelos quatro especialistas variaram entre 2 e 5, indicando diferenças de percepção quanto à maturidade das práticas de planejamento e à integração entre a gestão da qualidade e os objetivos organizacionais no setor de evaporação. O resultado consolidado de 83,3 pontos reflete um bom desempenho estratégico, sugerindo que a usina possui estrutura organizacional consistente, direcionamento estratégico definido e articulação satisfatória entre estratégia e operação.

As justificativas dos especialistas reforçam essa interpretação. Houve convergência quanto à clareza da missão e à formalização de metas, reconhecendo que o setor opera com diretrizes bem estabelecidas e alinhadas ao planejamento corporativo. Contudo, parte das

respostas apontou limitações na comunicação entre níveis hierárquicos e na consolidação de indicadores estratégicos, o que ainda restringe o desdobramento pleno das diretrizes no cotidiano operacional.

As questões 4, 5, 10, 13 e 14 obtiveram as maiores pontuações, destacando-se por representar práticas de sustentação da vantagem competitiva, como o foco na redução de custos e o uso racional de recursos. Essa configuração aproxima o setor do estágio descrito por Hayes e Wheelwright (1984), no qual o processo produtivo passa a atuar como suporte estratégico da competitividade, integrando decisões operacionais à formulação da estratégia. Sob essa ótica, o desempenho do subsistema evidencia que o setor de evaporação já ultrapassa o nível funcional básico, apresentando integração parcial entre estratégia, qualidade e operação.

De forma geral, as percepções convergem com a definição do subsistema, que busca avaliar a capacidade da organização em sustentar vantagem competitiva e inovação tecnológica. Essa constatação também está em consonância com os princípios de Feigenbaum (1994) e Juran (1992), que defendem a coerência entre propósito e execução como base da melhoria contínua. Assim, a análise das respostas quantitativas e qualitativas reforça que o setor possui maturidade estratégica intermediária a elevada, com potencial para evoluir na integração sistêmica da gestão da qualidade.

Tabela 7 Resultados do subsistema capacidade estratégica do setor de evaporação

Questão	A	B	C	D	Média	Índice relativo da questão	Normalização	Nota subsistema
1	4	5	4	4	0,7	0,977	0,073	0,053
2	3	4	3	3	0,6	0,864	0,065	0,039
3	3	3	3	3	0,6	1,190	0,089	0,053
4	3	3	4	4	0,7	1,226	0,092	0,066
5	3	3	5	4	0,8	1,098	0,082	0,066
6	3	3	4	3	0,8	0,900	0,067	0,051
7	3	4	5	4	0,9	1,009	0,075	0,069
8	3	3	3	3	0,8	0,867	0,065	0,052
9	3	2	2	3	0,8	0,927	0,069	0,053
10	3	4	4	4	1,0	1,240	0,093	0,093
11	4	2	3	3	0,9	0,329	0,025	0,023
12	2	2	4	3	0,9	0,924	0,069	0,064
13	2	4	5	4	1,1	0,968	0,072	0,081
14	4	3	4	3	1,1	0,868	0,065	0,073
								83,3

Fonte: Autoria própria

5.2.2 Gerenciamento da qualidade

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para o subsistema Gerenciamento da Qualidade, composto pelas questões 15 a 18 do instrumento de diagnóstico. As notas atribuídas pelos especialistas variaram entre 2 e 4, com médias normalizadas de 0,55 a 0,75, revelando percepções moderadas quanto à consolidação dos mecanismos de gestão da qualidade. O desempenho consolidado de 65,89 pontos representa um nível intermediário de maturidade, indicando que o setor de evaporação dispõe de práticas estruturadas, mas ainda não totalmente integradas entre si.

As justificativas dos especialistas apontam um cenário de avanços pontuais acompanhados de lacunas operacionais. Houve concordância quanto à existência de uma política formal de qualidade (questão 15) e à execução periódica de auditorias (questão 18), reconhecidas como instrumentos essenciais para garantir conformidade e retroalimentação do sistema. No entanto, alguns avaliadores ressaltaram que as auditorias mantêm foco predominantemente documental, o que limita seu potencial de gerar aprendizado organizacional e promover ações corretivas efetivas.

Em contrapartida, as questões 16 e 17, que tratam da definição de objetivos de qualidade e da implementação de planos de melhoria contínua, apresentaram médias inferiores e observações que evidenciam inconsistência na formalização das metas e fragilidade na manutenção de ciclos estruturados de melhoria. Essa assimetria entre planejamento e execução demonstra que, embora existam práticas de gestão da qualidade, elas ainda carecem de integração e acompanhamento sistemático.

De modo geral, os resultados sugerem que o setor de evaporação se encontra em uma fase de consolidação parcial do sistema de qualidade, com mecanismos formais já implantados, mas que ainda não atingiram plena maturidade. Essa condição é coerente com o que Feigenbaum (1994) denomina de fase de controle reativo, na qual o foco permanece na conformidade em detrimento da prevenção. De forma semelhante, Juran (1992) e Deming (1986) destacam que a eficácia do gerenciamento da qualidade depende da coerência entre propósito e execução, sustentada por liderança comprometida e pelo uso sistemático de indicadores.

Assim, o resultado de 65,89 pontos reflete uma maturidade intermediária, com potencial de avanço mediante o fortalecimento dos processos de planejamento, monitoramento e integração entre as práticas de qualidade e os objetivos estratégicos da usina.

Tabela 8 - Resultados do subsistema Gerenciamento da qualidade

Questão	A	B	C	D	Média	Índice relativo da questão	Normalização	Nota subsistema
15	4	4	3	4	0,8	1,326	0,237	0,178
16	4	3	3	3	0,7	1,251	0,224	0,145
17	3	3	2	3	0,6	1,920	0,343	0,189
18	3	4	4	4	0,8	1,095	0,196	0,147
						5,592	1,000	65,89

Fonte: Autoria Própria

5.2.3 Planejamento da qualidade do produto

A Tabela 9 apresenta os resultados do subsistema Planejamento da Qualidade do Produto, composto pelas questões 19 a 24, que atingiu 77,7 pontos, revelando que o setor de evaporação dispõe de um planejamento de qualidade relativamente bem estruturado. As notas atribuídas pelos especialistas variaram de 3 a 5, com médias entre 0,7 e 0,9, o que indica uma percepção positiva quanto à existência de rotinas e critérios que orientam o controle da qualidade dos produtos gerados. As questões 20, 21 e 22 apresentaram os melhores desempenhos, relacionadas à definição de especificações pré-estabelecidas, frequência adequada das análises e realização de avaliações complementares em situações de anomalia ou mudança de processo. As justificativas reforçam essa consistência, destacando que os parâmetros de qualidade como brix e pureza são amplamente conhecidos, que as análises são realizadas com frequência adequada e que o setor age prontamente diante de desvios, acionando verificações adicionais quando necessário. No entanto, observou-se que a revisão das metas de qualidade ainda ocorre de forma reativa, e que o retorno dos resultados nem sempre é imediato, o que limita o tempo de resposta e a integração entre os turnos

Em contrapartida, as questões 23 e 24 apresentaram desempenho inferior, apontando que o ciclo de retroalimentação da qualidade ainda não está plenamente consolidado. Os especialistas indicaram que as auditorias de produto ocorrem sem periodicidade formal e que as ações corretivas, embora eficazes em casos pontuais, ainda carecem de sistematização e análise aprofundada das causas. Tal cenário revela que há planos definidos, mas o fechamento completo do ciclo PDCA auditar, corrigir e prevenir ainda depende de avanços estruturais e culturais para garantir aprendizado organizacional contínuo

Esses achados estão alinhados ao resultado do subsistema Gerenciamento da Qualidade (68,5 pontos), já que a efetividade do planejamento depende da clareza das políticas e metas definidas nesse nível. Além disso, o desempenho do Planejamento da Qualidade do Produto mantém forte relação com o Planejamento da Qualidade do Processo e com Equipamentos para

Informação da Qualidade, que fornecem as bases de dados e critérios para validação das especificações. De forma geral, o desempenho obtido indica que o setor de evaporação demonstra maturidade na estruturação do planejamento da qualidade, com práticas preventivas bem definidas, mas ainda precisa fortalecer os mecanismos de auditoria e retroalimentação para consolidar o ciclo de melhoria contínua de forma sistemática.

Tabela 9 - Resultados do subsistema planejamento da qualidade do produto

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
19	3	4	4	4	0,8	0,893	0,133	0,100
20	4	4	5	5	0,9	0,842	0,125	0,113
21	4	4	4	4	0,8	1,370	0,204	0,164
22	4	4	5	4	0,9	1,105	0,165	0,140
23	4	3	3	3	0,7	1,215	0,181	0,118
24	3	4	4	4	0,8	1,261	0,188	0,141
								77,74

Fonte: Autoria Própria

5.2.4 Planejamento da qualidade do processo

A Tabela 10 apresenta os resultados do subsistema Planejamento da Qualidade do Processo, composto pelas questões 25 a 34, que alcançou 72,8 pontos, indicando um desempenho moderado, com boas práticas consolidadas, mas ainda com limitações no detalhamento e na integração das rotinas operacionais.

Tabela 10- Resultados do subsistema capacidade estratégica do setor de evaporação

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo da questão	Normalização	Nota subsistema
25	4	4	5	4	0,9	0,768	0,082	0,069
26	4	4	4	4	0,8	0,732	0,078	0,062
27	4	3	4	3	0,7	1,207	0,128	0,090
28	3	4	5	4	0,8	0,881	0,094	0,075
29	4	3	3	3	0,7	0,766	0,081	0,053
30	3	4	5	4	0,8	0,597	0,063	0,051
31	4	4	4	4	0,8	0,852	0,091	0,072
32	4	3	5	3	0,8	1,260	0,134	0,100
33	3	3	4	3	0,7	1,051	0,112	0,073
34	3	3	3	3	0,6	1,292	0,137	0,082
								72,8

Fonte: Autoria própria

Esse subsistema tem papel essencial na gestão da qualidade, pois assegura que as operações sejam conduzidas de forma padronizada, eficiente e alinhada às metas estratégicas da usina. As notas atribuídas pelos quatro especialistas variaram entre 3 e 5, com médias normalizadas de 0,6 a 0,9, o que reflete uma avaliação positiva da estrutura existente, embora as diferenças entre as pontuações revelem níveis distintos de maturidade entre os elementos avaliados, sugerindo que o planejamento do processo ainda carece de uniformidade e padronização na aplicação.

As questões 25, 26, 28 e 31 apresentaram os melhores resultados, relacionadas à definição de critérios de controle, à identificação de características críticas do processo, ao alinhamento das metas de qualidade com as diretrizes organizacionais e à existência de critérios para ações corretivas e preventivas. Nas justificativas, os especialistas destacaram que há rotinas bem definidas de monitoramento, com indicadores de temperatura, pressão e concentração acompanhados de perto pela equipe operacional. Também foi ressaltado que o setor adota parâmetros de processo claros, e que as metas de qualidade estão alinhadas às metas estratégicas da usina, o que garante consistência na execução e previsibilidade na produção. Ainda assim, alguns avaliadores mencionaram que a revisão dessas metas não é realizada com frequência suficiente, e que a análise crítica dos resultados poderia ser mais formalizada, o que limita o uso dos dados como ferramenta de aprimoramento contínuo.

Por outro lado, as questões 32, 33 e 34, referentes à documentação, disponibilidade de recursos e protocolos para ajustes em situações imprevistas, receberam pontuações mais baixas, indicando lacunas na formalização e na flexibilidade operacional. As justificativas apontam que nem todos os procedimentos estão documentados de forma padronizada, e que a execução de ajustes ainda depende significativamente da experiência dos operadores e da intervenção direta da supervisão. Essa condição reflete uma estrutura funcional, mas parcialmente dependente do conhecimento tácito, o que pode comprometer a consistência das práticas em turnos diferentes ou em situações de variação de processo.

De forma integrada, o desempenho do Planejamento da Qualidade do Processo está diretamente conectado ao Gerenciamento da Qualidade, que fornece as diretrizes gerais para o controle, e ao Desenvolvimento de Recursos Humanos, cuja capacitação influencia diretamente a execução dos planos e a capacidade de resposta operacional. Também mantém forte vínculo com o subsistema Equipamentos para Informação da Qualidade, responsável por garantir a confiabilidade das medições utilizadas para validar e ajustar os parâmetros de processo.

Em síntese, os resultados indicam que o planejamento da qualidade do processo no setor de evaporação é funcional e relativamente bem estruturado, com rotinas de controle bem

definidas e metas alinhadas às estratégias corporativas, mas ainda carece de formalização documental, recursos dedicados e protocolos de contingência que assegurem continuidade e estabilidade das práticas em cenários variáveis. O avanço nesse subsistema tende a reforçar a integração entre planejamento e execução, promovendo maior consistência, rastreabilidade e maturidade na gestão da qualidade do processo produtivo.

5.2.5 Equipamentos para Informação da Qualidade

O subsistema Equipamentos para Informação da Qualidade, composto pelas questões 35 a 44, apresentou desempenho satisfatório, com nota final de 74,8 pontos, conforme a Tabela 11. Esse subsistema desempenha papel essencial na estrutura da gestão da qualidade, pois garante a confiabilidade dos dados utilizados no controle e na avaliação do processo de evaporação, abrangendo as práticas de calibração, manutenção, operação dos instrumentos e uso das medições como base para decisões operacionais. As notas atribuídas pelos especialistas variaram entre 3 e 5, com médias normalizadas de 0,7 a 0,8, indicando avaliações consistentes e percepções homogêneas sobre o desempenho do setor.

As questões 40, 41, 42 e 44 apresentaram as maiores pontuações, destacando-se pela aferição periódica dos instrumentos, adequação dos métodos analíticos, eficiência na análise dos dados e uso dos resultados para correção de desvios. Nas justificativas, os especialistas ressaltaram que o setor mantém rotinas consolidadas de calibração, com equipamentos devidamente aferidos e supervisionados por técnicos capacitados, além de registros regulares das medições, que conferem segurança e rastreabilidade aos resultados obtidos. Também foi destacada a agilidade na correção de falhas identificadas, o que demonstra uma integração eficiente entre as medições e as ações operacionais, fortalecendo a confiabilidade das informações e o controle das variáveis críticas do processo.

Por outro lado, as questões 37, 39 e 43, relacionadas à disponibilidade de equipamentos específicos, registros de calibração e condições de armazenamento, apresentaram médias ligeiramente inferiores. As justificativas apontam que, embora o parque instrumental seja adequado, a infraestrutura de apoio ainda carece de maior padronização e controle documental, especialmente quanto à organização dos registros e à rastreabilidade das calibrações. Alguns especialistas mencionaram que a reposição de instrumentos pode demorar em situações de falha, o que evidencia a necessidade de planejamento mais sistemático para manutenção preventiva e contingência de equipamentos. Essa lacuna, apesar de não comprometer o desempenho global, indica oportunidade de aprimoramento na gestão de ativos metrológicos e na formalização dos processos de calibração.

O resultado do subsistema é coerente com o desempenho obtido no Planejamento da Qualidade do Processo (72,8 pontos), uma vez que a precisão das medições é elemento indispensável para validar e controlar os parâmetros operacionais. Também apresenta forte relação com os subsistemas de Indicadores da Qualidade e Desenvolvimento de Recursos Humanos, pois a confiabilidade dos instrumentos depende da qualidade dos dados gerados e da competência técnica das equipes que os operam.

De modo geral, o desempenho de 74,8 pontos reflete um nível consistente de maturidade na gestão dos instrumentos e medições, sustentando o controle da qualidade no setor de evaporação. O setor demonstra domínio técnico e disciplina operacional, mas ainda precisa avançar na padronização documental, na rastreabilidade das calibrações e na estrutura de apoio aos equipamentos, garantindo assim maior robustez e continuidade dos processos de medição e controle.

Tabela 11- Resultados do subsistema Equipamentos para Informação da Qualidade

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
5	3	3	4	4	0,7	0,919	0,083	0,058
36	3	4	5	4	0,8	0,761	0,069	0,055
37	4	3	4	3	0,7	1,345	0,122	0,085
38	3	4	5	4	0,8	0,901	0,081	0,065
39	4	3	4	3	0,7	1,153	0,104	0,073
40	3	4	4	4	0,8	1,263	0,114	0,086
41	4	4	4	4	0,8	1,230	0,111	0,089
42	4	4	4	4	0,8	1,133	0,102	0,082
43	4	3	3	3	0,7	1,130	0,102	0,066
44	3	4	5	4	0,8	1,224	0,111	0,089
								74,8

Fonte: Autoria Própria

5.2.6 Desenvolvimento de recursos humanos

O subsistema Desenvolvimento de Recursos Humanos, composto pelas questões 45 a 54, obteve 66,1 pontos, conforme mostra a Tabela 12, indicando um desempenho intermediário, com práticas de capacitação e treinamento parcialmente consolidadas. Esse subsistema desempenha papel essencial na gestão da qualidade, uma vez que a competência técnica dos operadores é determinante para a execução eficiente das atividades e para a manutenção dos padrões de qualidade no processo de evaporação. As notas atribuídas pelos especialistas variaram entre 2 e 5, com médias de 0,5 a 0,8, evidenciando percepções heterogêneas quanto à consistência das ações de formação e aprimoramento do quadro operacional.

As questões 46, 50 e 51 apresentaram os melhores resultados, relacionadas à realização de treinamentos voltados ao controle da qualidade, à avaliação periódica de desempenho e ao nível de conhecimento dos operadores sobre os princípios de controle aplicados à evaporação. Nas justificativas, os especialistas ressaltaram que o setor realiza capacitações técnicas regulares, especialmente sobre parâmetros de operação e boas práticas de segurança, e que os colaboradores demonstram domínio sobre os padrões de qualidade exigidos. Também foi mencionado que a supervisão atua como agente multiplicador de conhecimento, orientando a equipe em situações críticas e promovendo a aprendizagem no ambiente de trabalho. Esses pontos evidenciam que há esforços estruturados de capacitação, embora concentrados em temas operacionais e com alcance limitado a determinados grupos de colaboradores.

Em contrapartida, as questões 47, 48, 49 e 54 apresentaram notas mais baixas, indicando fragilidade na continuidade dos treinamentos e na formalização de programas de desenvolvimento e promoção. As justificativas apontam que as ações de capacitação não seguem um cronograma regular, dependendo frequentemente de demandas emergenciais ou da disponibilidade de recursos. Também foi mencionado que faltam registros consolidados das formações realizadas, o que dificulta o acompanhamento da evolução das competências e o planejamento de novas necessidades. Essa condição reflete a ausência de uma política institucionalizada de desenvolvimento profissional, o que reduz o potencial de aprendizagem organizacional e mantém parte do conhecimento concentrado na experiência individual dos operadores.

O desempenho desse subsistema está intimamente relacionado ao Gerenciamento da Qualidade, que define as diretrizes de capacitação e desenvolvimento de pessoal, e ao Planejamento da Qualidade do Processo, que exige profissionais com domínio técnico para aplicar e monitorar parâmetros de operação e controle. Também há forte interdependência com o subsistema Equipamentos para Informação da Qualidade, já que o uso correto e a calibração precisam dos instrumentos dependem diretamente da qualificação técnica dos colaboradores.

De modo geral, o resultado de 66,1 pontos demonstra que o setor de evaporação possui práticas básicas de treinamento e avaliação de desempenho, mas ainda carece de sistematização, registros estruturados e continuidade nos programas de capacitação e promoção interna. O fortalecimento desse subsistema é fundamental para consolidar a cultura de qualidade, ampliar a autonomia técnica das equipes e garantir sustentabilidade operacional e melhoria contínua nos processos do setor.

Tabela 12 Resultados do subsistema desenvolvimento de recursos humanos

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
45	4	3	4	3	0,7	1,313	0,116	0,081
46	3	4	5	4	0,8	1,004	0,089	0,071
47	4	3	3	3	0,7	1,004	0,089	0,058
48	3	3	4	3	0,7	1,176	0,104	0,068
49	3	2	2	2	0,5	1,131	0,100	0,045
50	2	3	4	3	0,6	0,950	0,084	0,051
51	3	4	4	4	0,8	1,403	0,124	0,093
52	4	3	3	3	0,7	1,147	0,102	0,066
53	3	3	4	3	0,7	1,224	0,108	0,071
54	3	3	5	3	0,7	0,933	0,083	0,058
								66,1

Fonte: Autoria Própria

5.2.7 Acompanhamento da qualidade do processo

A Tabela 13 apresenta os resultados do subsistema Acompanhamento da Qualidade do Processo, composto pelas questões 55 a 73, que alcançou 67,8 pontos, indicando um desempenho moderado, com práticas estruturadas de monitoramento e controle, porém com oportunidades claras de aprimoramento no uso sistemático das ferramentas de acompanhamento da qualidade no processo. As notas atribuídas pelos especialistas variaram entre 2 e 5, com médias de 0,5 a 0,8, refletindo percepções diversas quanto à padronização dos controles e à efetividade das ações corretivas.

As questões 55, 60, 61 e 63 obtiveram os melhores desempenhos, relacionadas ao conhecimento da equipe sobre o processo, à definição de índices de desempenho, à adequação dos procedimentos de manuseio e ao monitoramento de desvios operacionais. Nas justificativas, os especialistas destacaram que a equipe demonstra bom nível de consciência sobre as variáveis críticas do processo, atuando de forma atenta e colaborativa na identificação de desvios. Ressaltaram ainda que há rotinas estabelecidas de controle e coleta sistemática de dados, permitindo a avaliação contínua dos resultados e o ajuste dos parâmetros de operação quando necessário. Apesar desses avanços, foi observado que nem todas as práticas de acompanhamento seguem um padrão formal, havendo diferenças na execução e no registro das verificações entre turnos.

Em contrapartida, as questões 65, 67, 68 e 71 apresentaram pontuações mais baixas, evidenciando limitações na aplicação de ferramentas estatísticas, na adequação das instalações, na manutenção preventiva e na realização de auditorias regulares. Os especialistas apontaram que, embora o controle diário seja efetivo, o uso de técnicas mais analíticas, como gráficos de

controle ou análise de tendência, ainda é incipiente. Também foi mencionado que a manutenção preventiva ocorre de forma pontual, dependendo muitas vezes da intervenção direta da supervisão, o que reduz a previsibilidade e pode impactar a continuidade das operações. Essa condição demonstra que o setor ainda não consolidou plenamente a cultura de acompanhamento proativo e análise crítica dos dados operacionais.

O desempenho do subsistema está fortemente vinculado ao Planejamento da Qualidade do Processo e aos Equipamentos para Informação da Qualidade, já que o acompanhamento eficaz depende tanto da clareza dos parâmetros planejados quanto da precisão dos instrumentos utilizados para medição e análise. Também há relação direta com o Desenvolvimento de Recursos Humanos, pois o domínio técnico dos operadores e a interpretação adequada das informações coletadas são fatores decisivos para a confiabilidade do controle e para a agilidade na resposta a desvios.

De forma geral, o resultado de 67,8 pontos indica que o setor de evaporação apresenta maturidade operacional satisfatória, com controles implementados e práticas de verificação ativas, mas ainda precisa ampliar a automação, o uso de dados e a integração entre o monitoramento e as ações de melhoria contínua. O fortalecimento desses aspectos permitirá maior consistência na gestão da qualidade do processo e maior estabilidade no desempenho operacional do setor.

Tabela 13- Resultados do subsistema acompanhamento da qualidade do processo

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
55	3	4	3	4	0,7	1,354	0,070	0,049
56	4	3	4	3	0,7	0,956	0,050	0,035
57	3	3	4	3	0,7	1,012	0,053	0,034
58	3	3	2	3	0,6	1,018	0,053	0,029
59	3	3	3	3	0,6	0,978	0,051	0,030
60	3	4	4	4	0,8	0,924	0,048	0,036
61	4	4	4	4	0,8	1,063	0,055	0,044
62	4	3	3	3	0,7	1,086	0,056	0,037
63	3	4	4	4	0,8	0,679	0,035	0,026
64	4	3	4	3	0,7	1,011	0,052	0,037
65	3	2	2	2	0,5	0,982	0,051	0,023
66	2	3	3	3	0,6	1,102	0,057	0,031
67	3	4	5	4	0,8	1,105	0,057	0,046
68	4	3	4	3	0,7	0,953	0,049	0,035
69	3	4	3	4	0,7	1,137	0,059	0,041
70	4	3	4	3	0,7	0,928	0,048	0,034
71	3	3	5	3	0,7	0,958	0,050	0,035

Tabela – 13 conclusão

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
72	3	4	4	4	0,8	1,137	0,059	0,044
73	4	3	4	3	0,7	0,886	0,046	0,032
								67,8

Fonte: Autoria Própria

5.2.8 Acompanhamento da Qualidade do Produto

O subsistema Acompanhamento da Qualidade do Produto (questões 74 a 84) apresentou 74,2 pontos, conforme mostrado na Tabela 14, indicando um nível satisfatório de controle sobre os produtos gerados no setor de evaporação. As médias atribuídas pelos quatro especialistas variaram entre 0,7 e 0,8, refletindo percepção homogênea quanto à conformidade dos produtos e à eficiência dos mecanismos de controle.

As questões 74, 77, 79 e 81 se destacaram com as maiores pontuações, abordando temas como análise de parâmetros de qualidade, ensaios laboratoriais, ações corretivas e condições de armazenamento. Nas justificativas, os especialistas destacaram que as análises laboratoriais são realizadas conforme os padrões definidos, garantindo confiabilidade dos resultados, mas observaram que nem sempre os dados são plenamente utilizados para orientar decisões operacionais. Também ressaltaram que o armazenamento do produto final é adequado, atendendo aos requisitos básicos de conservação, embora haja espaço para melhorias no controle de temperatura e rastreabilidade. Esses pontos evidenciam que o setor mantém procedimentos consistentes de verificação e tratamento de desvios, promovendo estabilidade e rastreabilidade ao processo produtivo.

Por outro lado, as questões 78, 80 e 84 obtiveram notas mais baixas, revelando limitações no uso analítico das informações obtidas nas análises. Segundo os especialistas, embora os índices sejam calculados regularmente, faltam análises comparativas e interpretação de tendências que permitam ações preventivas mais eficazes. Também foi observado que as ferramentas estatísticas são pouco exploradas, reduzindo o potencial de aprendizado e de melhoria contínua. Assim, as justificativas apontam a necessidade de fortalecer a integração entre a gestão da informação e a tomada de decisão operacional, garantindo que os dados laboratoriais e de inspeção sejam utilizados de forma mais estratégica e sistemática.

O desempenho deste subsistema apresenta forte interdependência com os de Acompanhamento da Qualidade do Processo e Indicadores da Qualidade, uma vez que a confiabilidade do produto depende diretamente da estabilidade dos processos e da precisão das medições. A coerência observada entre planejamento, controle e produto reforça a integração

entre dimensões técnicas e gerenciais, demonstrando que o setor opera com base em padrões bem definidos de qualidade.

De modo geral, o resultado de 74,2 pontos confirma que o setor de evaporação mantém um sistema de controle de produto robusto e confiável, capaz de assegurar conformidade com os padrões estabelecidos, ainda que existam oportunidades de evolução na gestão analítica dos dados e no uso do feedback para aprimoramento operacional.

Tabela 14 - Resultados do subsistema acompanhamento da qualidade do produto

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
74	3	4	5	4	0,8	1,088	0,094	0,075
75	4	3	3	3	0,7	1,300	0,112	0,073
76	3	3	4	3	0,7	1,312	0,113	0,074
77	3	4	5	4	0,8	1,251	0,108	0,086
78	4	4	4	4	0,8	0,760	0,066	0,052
79	4	3	5	3	0,8	1,227	0,106	0,079
80	3	4	3	4	0,7	0,877	0,076	0,053
81	4	4	4	4	0,8	0,974	0,084	0,067
82	4	3	5	4	0,8	0,916	0,079	0,063
83	3	4	4	4	0,8	1,050	0,091	0,068
84	4	3	4	3	0,7	0,829	0,072	0,050
								74,162

Fonte: Autoria Próprio

5.2.9 Indicadores da qualidade

O subsistema Indicadores da Qualidade (questões 85 a 96) apresentou 61,5 pontos, conforme indicado na Tabela 15, representando o menor desempenho entre os subsistemas avaliados. Esse resultado revela que, embora existam procedimentos formais de coleta e registro de dados, as práticas de análise e uso dos indicadores ainda não estão plenamente consolidadas como instrumentos estratégicos de apoio à tomada de decisão e à melhoria contínua no setor de evaporação.

As médias atribuídas pelos especialistas variaram de 0,5 a 0,8, com destaque para as questões 85, 89, 90 e 91, que abordam a coleta de dados, registro de perdas, auditorias de processo e de produto. As justificativas apontam que há rotinas básicas de medição e auditoria, e que os registros de perdas e desvios operacionais são realizados de forma consistente, fornecendo uma base de dados mínima para o controle. Os especialistas também destacaram que a usina mantém mecanismos de verificação formal, com auditorias realizadas

periodicamente, o que contribui para a manutenção de um nível básico de controle e rastreabilidade das informações.

Em contrapartida, as questões 87, 94, 95 e 96 apresentaram pontuações inferiores, evidenciando fragilidades na sistematização e integração das informações de qualidade. Nas justificativas, foi mencionado que os relatórios sobre materiais e custos da qualidade são pouco utilizados e que não há informatização plena dos dados, o que dificulta a consolidação de indicadores de desempenho e o acompanhamento histórico das ocorrências. Os especialistas também ressaltaram que a revisão periódica dos sistemas de informação é inexistente ou irregular, comprometendo a atualização e a confiabilidade dos registros. Essa condição demonstra que, embora exista um esforço de coleta, a análise crítica e o uso dos dados para subsidiar decisões permanecem incipientes, limitando a capacidade de retroalimentação do sistema de gestão da qualidade.

O desempenho observado neste subsistema está diretamente relacionado aos de Acompanhamento da Qualidade do Processo e Acompanhamento da Qualidade do Produto, uma vez que a eficácia dos indicadores depende da qualidade e precisão dos dados gerados nas etapas anteriores. A baixa maturidade informacional evidencia que, embora o monitoramento ocorra de forma sistemática, a transformação de dados em conhecimento ainda é restrita, o que reduz o potencial de aprendizado organizacional e prevenção de falhas.

De forma geral, o resultado de 61,5 pontos indica que o setor de evaporação ainda opera em um estágio intermediário de maturidade informacional, com boas práticas de registro e auditoria, mas fragilidades na análise e no uso estratégico dos indicadores. O fortalecimento desse subsistema é essencial para que os indicadores de qualidade se consolidem como ferramentas efetivas de gestão, capazes de orientar ações corretivas e decisões baseadas em evidências, promovendo a integração entre dados, desempenho e melhoria contínua.

Tabela 15 - Resultados do subsistema indicadores da qualidade

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
85	3	4	3	4	0,7	1,098	0,088	0,062
86	4	3	3	3	0,7	0,958	0,077	0,050
87	3	2	2	2	0,5	0,851	0,068	0,031
88	2	4	3	4	0,7	1,078	0,087	0,056
89	4	4	4	4	0,8	1,123	0,090	0,072
90	4	3	5	2	0,7	1,142	0,092	0,064
91	3	3	4	3	0,7	1,114	0,089	0,058
92	3	3	5	3	0,7	0,786	0,063	0,044
93	3	3	3	3	0,6	1,142	0,092	0,055

Tabela 15 -continuação

Questões	A	B	C	D	Média especialista	índice relativo	Normalização	Nota subsistema
94	3	2	2	2	0,5	0,722	0,058	0,026
95	2	3	3	3	0,6	1,051	0,084	0,046
96	3	2	2	2	0,5	1,395	0,112	0,050
								61,50

Fonte: Autoria Própria

5.2.10 Resultado Global da Usina

O Apêndice B – Tabela 17 apresenta o resultado global da aplicação do diagnóstico da gestão da qualidade no setor de evaporação, obtido pela integração dos nove subsistemas avaliados. O cálculo considerou as médias das 96 questões respondidas pelos quatro especialistas e os índices relativos de relevância definidos na etapa de ponderação, sendo o valor final normalizado para uma escala de 0 a 100. Esse resultado representa uma síntese abrangente do desempenho sistêmico da gestão da qualidade, englobando dimensões estratégicas, operacionais e de suporte.

O desempenho consolidado de 69,25 pontos indica que o setor de evaporação apresenta um nível intermediário de maturidade, caracterizado por estrutura organizacional e práticas de controle parcialmente consolidadas. Os dados evidenciam avanços em planejamento, padronização e acompanhamento da qualidade, porém com limitações na integração das informações e no uso sistemático dos indicadores como instrumentos de melhoria contínua.

Os melhores desempenhos foram observados nos subsistemas Capacidade Estratégica (83,3 pontos), Planejamento da Qualidade do Produto (77,7 pontos) e Acompanhamento da Qualidade do Produto (74,2 pontos), refletindo coerência entre direcionamento estratégico, planejamento técnico e controle de conformidade. Esses resultados demonstram que o setor mantém uma base sólida de planejamento e verificação, sustentada por práticas preventivas e controle de variáveis críticas.

Por outro lado, Desenvolvimento de Recursos Humanos (66,1 pontos) e Indicadores da Qualidade (61,5 pontos) apresentaram os menores índices, revelando fragilidades na capacitação continuada, na sistematização das informações e na retroalimentação entre medição e decisão. Essas lacunas afetam diretamente a capacidade de aprendizado organizacional e a efetividade da gestão baseada em dados.

De forma geral, o desempenho global de 69,25 pontos confirma que o setor de evaporação dispõe de mecanismos de gestão consolidados em parte, com processos de planejamento e controle estabelecidos, mas ainda carece de maior integração entre níveis estratégicos e operacionais. O fortalecimento dos sistemas de monitoramento, da gestão da informação e da cultura de melhoria contínua é essencial para consolidar um modelo de gestão mais maduro, capaz de sustentar estabilidade operacional e evolução contínua do desempenho da qualidade.

5.2.11 Análise diagnóstica dos resultados da gestão da qualidade no setor de evaporação

A leitura integrada dos resultados do diagnóstico permite compreender a gestão da qualidade no setor de evaporação não apenas em termos de desempenho dos subsistemas avaliados, mas como expressão do próprio estágio de desenvolvimento gerencial do setor. Mais do que identificar níveis de pontuação, o diagnóstico revela a forma como a qualidade é construída e sustentada no cotidiano operacional da usina.

Os resultados sugerem que a gestão da qualidade no setor de evaporação encontra-se ancorada predominantemente na confiabilidade técnica do processo produtivo. A estabilidade operacional, a padronização das rotinas e a experiência acumulada pelas equipes funcionam como principais mecanismos de garantia da qualidade. Essa característica indica que o desempenho observado está fortemente associado à lógica de controle do processo, típica de ambientes industriais contínuos, nos quais a continuidade operacional e a eficiência energética assumem papel central.

Entretanto, o diagnóstico evidencia que a qualidade ainda não se encontra plenamente institucionalizada como sistema de gestão integrado. Observa-se que os subsistemas da gestão da qualidade operam com níveis distintos de desenvolvimento, o que sugere a existência de uma maturidade heterogênea dentro do próprio sistema organizacional. Enquanto as dimensões relacionadas ao planejamento e ao controle apresentam maior consolidação, aquelas associadas à informação, indicadores e desenvolvimento de pessoas demonstram menor articulação com o funcionamento global do setor.

Essa assimetria indica que a gestão da qualidade ainda se apoia mais na execução eficiente do processo do que na utilização sistemática de informações para aprendizagem organizacional. Em outras palavras, a qualidade é assegurada principalmente pela operação estável do sistema produtivo, e menos por mecanismos estruturados de análise, retroalimentação e melhoria contínua. Esse padrão limita a capacidade do setor de antecipar problemas, identificar tendências e transformar dados operacionais em conhecimento gerencial.

Sob a perspectiva sistêmica, o diagnóstico revela que o principal desafio não reside na condução técnica da evaporação, mas na integração entre os subsistemas da gestão da qualidade. A ausência de articulação plena entre estratégia, indicadores, capacitação e controle reduz o potencial de evolução da qualidade para um nível mais avançado de maturidade organizacional. Assim, a qualidade tende a permanecer associada ao desempenho operacional imediato, em vez de constituir um elemento estruturador da gestão do setor.

Outro aspecto evidenciado pela análise é a dependência do conhecimento tácito dos operadores e gestores para a manutenção do desempenho do processo. Embora essa característica contribua para a estabilidade operacional, ela também revela a necessidade de maior formalização e sistematização das práticas de gestão da qualidade. A consolidação de indicadores, registros e rotinas de aprendizagem organizacional torna-se essencial para reduzir a dependência de experiências individuais e fortalecer a confiabilidade do sistema ao longo do tempo.

Do ponto de vista organizacional, o diagnóstico indica que o setor de evaporação apresenta condições favoráveis para o avanço da maturidade da gestão da qualidade. A existência de planejamento, controle operacional e rotinas estruturadas constitui uma base importante para a evolução do sistema. Nesse contexto, o fortalecimento da gestão da informação, da capacitação das equipes e da integração entre subsistemas emerge como o principal vetor de desenvolvimento da qualidade.

A análise confirma, portanto, que a maturidade da gestão da qualidade no setor de evaporação não depende exclusivamente de melhorias tecnológicas ou operacionais, mas da capacidade de integrar processos, pessoas e informação em torno de objetivos comuns de desempenho e melhoria contínua. O diagnóstico evidencia um sistema funcional e estável, porém ainda em processo de consolidação gerencial, no qual a qualidade se encontra mais presente como prática operacional do que como instrumento estratégico de gestão.

Dessa forma, os resultados permitem compreender a gestão da qualidade no setor de evaporação como um sistema em transição: de um modelo centrado no controle do processo para um modelo orientado à integração sistêmica da qualidade. Essa transição representa o principal desafio e, ao mesmo tempo, a principal oportunidade de evolução identificada pelo diagnóstico realizado nesta pesquisa.

Implicações Gerenciais

A estrutura de diagnóstico desenvolvida neste estudo representa uma contribuição prática relevante para a gestão da qualidade no setor sucroenergético. Fundamentada em uma abordagem sistêmica e aplicada ao setor de evaporação, a ferramenta permite avaliar, de forma integrada e mensurável, o desempenho dos diferentes subsistemas da gestão da qualidade, abrangendo aspectos estratégicos, operacionais e de suporte.

Do ponto de vista gerencial, a estrutura proposta fornece um instrumento de análise e decisão que auxilia gestores na identificação de gargalos, redundâncias e oportunidades de melhoria dentro do processo produtivo. Ao reunir em um único modelo dimensões como capacidade estratégica, planejamento, controle, indicadores, equipe, equipamentos e rotinas de trabalho, o diagnóstico permite compreender como as práticas de gestão se inter-relacionam e influenciam o desempenho global do sistema.

A aplicação da ferramenta na usina estudada evidenciou que sua utilização vai além da simples mensuração de desempenho: ela apoia a formulação de planos de ação baseados em evidências, favorecendo a priorização de intervenções e o direcionamento de recursos para áreas de maior impacto. Assim, o diagnóstico torna-se um instrumento de apoio à decisão gerencial, capaz de orientar ajustes estruturais, definir prioridades de investimento e promover maior alinhamento entre estratégia, operação e qualidade.

Além disso, a estrutura de diagnóstico contribui para fortalecer a governança e a transparência das práticas de gestão, uma vez que permite registrar, acompanhar e comparar o desempenho dos subsistemas ao longo do tempo. Essa característica possibilita que a ferramenta seja utilizada de forma contínua, tanto como instrumento de auditoria interna quanto como base para programas de melhoria e benchmarking entre unidades industriais.

Por fim, a proposta apresenta potencial de aplicação ampliada em outros setores das cadeias agroindustriais, adaptando-se às particularidades de diferentes processos produtivos. Sua utilização estimula a consolidação de uma cultura organizacional orientada por dados, aprendizado e melhoria contínua, contribuindo para o aumento da eficiência operacional e da competitividade do setor sucroenergético.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo alcançou seu propósito de propor e aplicar uma estrutura de diagnóstico da gestão da qualidade voltada ao setor de evaporação em usinas de açúcar, consolidando uma contribuição teórica e prática para a administração da qualidade em ambientes industriais de processo contínuo. Diferentemente de abordagens genéricas, o modelo desenvolvido foi construído com base nas especificidades técnicas e gerenciais do setor sucroenergético, permitindo uma leitura mais realista da dinâmica operacional e de suas interfaces com a gestão estratégica.

Do ponto de vista científico, o estudo avança ao integrar referenciais clássicos da qualidade como o Sistema Total da Qualidade de Feigenbaum e as normas ISO 9001, 9004, 19011 os modelos de diagnóstico e avaliação da qualidade em uma estrutura de diagnóstico adaptado às particularidades do processo de evaporação. Essa integração amplia o alcance da literatura ao demonstrar que os princípios da gestão da qualidade total podem ser operacionalizados de forma mensurável, por meio de indicadores estruturados e subsistemas interdependentes. A pesquisa contribui, assim, para preencher uma lacuna metodológica, oferecendo uma ferramenta que não apenas avalia a maturidade do sistema, mas também interpreta as relações causais entre seus componentes, como estratégia, recursos humanos, controle de processos e indicadores de desempenho.

No campo gerencial, a principal implicação da pesquisa reside na possibilidade de utilização do diagnóstico como instrumento de apoio à decisão. A ferramenta desenvolvida permite que gestores visualizem com clareza as conexões entre planejamento, controle, equipe e tecnologia, possibilitando priorizar ações de melhoria e otimizar recursos. A estrutura proposta também reforça o papel da qualidade como eixo transversal da gestão industrial, ao evidenciar que o desempenho do setor não depende apenas da eficiência operacional, mas da integração sistêmica entre pessoas, processos e informações. Dessa forma, o estudo contribui diretamente para o fortalecimento da governança e da competitividade das usinas, oferecendo um referencial metodológico replicável em outros contextos produtivos.

Em termos metodológicos, o estudo comprova a viabilidade do uso combinado de métodos qualitativos e quantitativos, ao empregar o IAHP (Improved Analytic Hierarchy Process) e o ICC (Coeficiente de Correlação Intraclasse) como instrumentos de ponderação e validação. Essa abordagem confere rigor estatístico à análise de julgamentos especializados e reforça a confiabilidade dos resultados obtidos. A proposta demonstra que é possível aplicar técnicas multicritério em ambientes industriais complexos sem perder o vínculo com a realidade

operacional, abrindo espaço para novas aplicações em diagnósticos de gestão da qualidade em outros setores industriais.

Embora conduzido com rigor metodológico, este estudo apresenta limitações inerentes ao seu desenho. Por ser um estudo de caso único focado no setor de evaporação, os resultados têm aplicação contextual específica, necessitando de validação em outras unidades e setores para ampla generalização. A opção pelo questionário com especialistas, ainda que respaldada por técnicas estatísticas (ICC) e de ponderação (IAHP) para consolidar juízos, permanece sujeita a variações de interpretação. Ademais, a natureza transversal da pesquisa não captura variações temporais nem estabelece correlações diretas com indicadores operacionais objetivos, abrindo caminho para validações futuras. Para garantir plena reprodutibilidade, recomenda-se a desenvolvimento de documentação complementar detalhada.

Como perspectivas futuras, recomenda-se a aplicação da estrutura em outros setores da cadeia sucroenergética como moagem, fermentação, destilação e caldeiras de modo a validar sua adaptabilidade e robustez.

Por fim, estudos comparativos entre usinas de diferentes portes e níveis tecnológicos poderão enriquecer o debate sobre a maturidade da gestão da qualidade e seus impactos na produtividade e sustentabilidade do setor.

Em síntese, o estudo demonstra que a gestão da qualidade no setor de evaporação pode ser compreendida, mensurada e aprimorada a partir de uma visão sistêmica, capaz de traduzir a complexidade do processo produtivo em informações gerenciais consistentes. A estrutura desenvolvida cumpre, portanto, duplo papel: contribuir para o avanço do conhecimento científico na área de gestão da qualidade e oferecer um instrumento prático de transformação organizacional, alinhando teoria e prática na busca por excelência operacional e sustentabilidade no setor sucroenergético.

REFERÊNCIAS

- ARRAES, N. A. M.; VILELA FILHO, L. R. **Sistemas de gestão de qualidade em usinas de açúcar e etanol**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2014, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: UNESP, 2014. p. 1–17. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br>. Acesso em: 21 dez. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001:2018: Sistemas de gestão de energia: requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9004:2018: Gestão da qualidade — Qualidade de uma organização — Orientação para alcançar o sucesso sustentado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19011:2018: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- BEHESHTI, H. M.; LOLLAR, J. G. An empirical study of US SMEs using TQM. **Total Quality Management**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 189–204, 2003.
- BEJARANO, M. L. M. Mora. **Economia de vapor e efeito da hidrólise ácida da sacarose no sistema de evaporação**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- BERK, J.; BERK, S. **Administração da qualidade total: o aperfeiçoamento contínuo — teoria e prática**. São Paulo: Ibrasa, 1997.
- BERNARDO, L. J. de M. **Controle de qualidade na indústria sucroenergética**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) — Faculdade Pitágoras de Maceió, Maceió, 2021.
- BONSUCRO. **Production Standard: Bonsucro Standard Version 5.2 — July 2023**. London: Bonsucro, 2023.
- BRASIL, M. A. S. **Incrustações em evaporadores de usinas de açúcar: prognóstico de formação e prevenção**. 2021. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) — Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.
- CAMERON, D. B. *et al.* A semantic systems engineering framework for zero-defect engineering and operations in the continuous process industries. **Frontiers in Manufacturing Technology**, v. 2, 2022. DOI: 10.3389/fmtec.2022.841085. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/manufacturing-technology/articles/10.3389/fmtec.2022.945717/full>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- CASTRO, R. E. N. **Dynamic simulation of multiple-effect evaporation that supplies steam to the sugar batch crystallization process**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia

de Sistemas Agrícolas) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

CAMERON, D. B. *et al.* A semantic systems engineering framework for zero-defect engineering and operations in the continuous process industries. **Frontiers in Manufacturing Technology**, v. 2, 2022. DOI: 10.3389/fmtec.2022.841085. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/manufacturing-technology/articles/10.3389/fmtec.2022.945717/full>. Acesso em: 24 abr. 2025.

CASTRO, R. E. N. **Dynamic simulation of multiple-effect evaporation that supplies steam to the sugar batch crystallization process**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

CHRUSCIAK, J. V. R. **Etapas de nucleação e cristalização e avaliação de parâmetros de processo na fabricação de açúcar**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025.

CONFEDERATION OF INDIAN INDUSTRY (CII). **Enhancing energy efficiency of sugar plant operation**. New Delhi, 2024. Disponível em: <https://www.cii.in>. Acesso em: 15 jul. 2025.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. 2. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2011.

D’ALESSANDRO, V.; CAVICHIOLI, F. A importância do setor sucroalcooleiro na economia brasileira. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, SP, v. 21, n. 1, p. 665–680, 2025. DOI: 10.31510/infa.v21i1.1922. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1922>. Acesso em: 24 fev. 2025.

DALLA PAULA, G. R. **Simulação em Python do processo de evaporação do caldo de cana-de-açúcar**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2023.

DEMING, W. E. **Out of the crisis**. Cambridge: MIT Press, 1986.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DHAKAR, M. K.; CHOUDHARY, P.; SINGH, N. K. Performance improvement of a sugar mill through exergy analysis. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, p. 11202–11207, 2021. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.02.427. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321015479>. Acesso em: 18 dez. 2024.

DIAS, M. O. de S. *et al.* Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, [S. l.], v. 15, p. 35–51, 2015. DOI: 10.1016/j.envdev.2015.03.004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464515000075>. Acesso em: 18 dez. 2024.

DOGBE, E. S.; MANDEGARI, M. A.; GÖRGENS, J. F. Exergetic diagnosis and performance analysis of a typical sugar mill based on Aspen Plus® simulation of the process. **Energy**, v. 145, p. 614–625, 2018.

DOHERTY, W.; SIMPSON, R.; RACKEMANN, D. Enhanced performance of caustic soda used for the removal of scale in sugar mill evaporators. In: **PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS**, 2007. Surribe Consulting, 2007. p. 411–419.

DUMKE DE MEDEIROS, D. D.; FONSECA, R. S.; LINS, M. P. E. Diagnóstico e análise de sistemas da qualidade: modelo para avaliação e preparação dos sistemas para certificação ISO 9000. **Revista Produção**, v. 9, n. 2, p. 81–95, 1999.

EL-NAHAS, H. A. *et al.* Descaling of evaporator tubes in sugarcane factories using molasses as a green and effective technology. **Sugar Tech**, [S. l.], v. 26, p. 1–11, 2024.

EMBRAPA. **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC**. Brasília, DF: Embrapa, 2008.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **RenovaBio completa cinco anos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 7 ago. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 22 fev. 2025.

EMORI, E. Y. *et al.* An advanced control strategy for the evaporation section of a first- and second-generation sugarcane biorefinery. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, Zagreb, v. 37, n. 1, p. 17–32, 2023.

ENSINAS, A. V.; NEBRA, S. A. Design of evaporation systems and heaters networks in sugar cane factories using a thermoeconomic optimization procedure. **International Journal of Thermodynamics**, v. 10, n. 3, p. 97–104, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GRÜNER, Sten *et al.* Towards asset administration shell-based continuous engineering in process industries. **at - Automatisierungstechnik**, v. 71, n. 8, p. 689-708, 2023. DOI: 10.1515/auto-2023-0012. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/auto-2023-0012>. Acesso em: 23 set. 2025.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoamento de processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York: John Wiley & Sons, 1984.

HEGDE, Pramoda. Lean applicability: continuous process industries. **South Asian Journal of Marketing & Management Research**, v. 12, n. 2, p. 41–48, 2022. Disponível em: <https://saarj.com/sajmmr-view-journal-current-issue/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, L. P. **Metodologia de pesquisa**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HERNÁNDEZ-VIVANCO, Antonio; BERNARDO, Meritxell. Management systems and productive efficiency along the certification life-cycle. **International Journal of Production Economics**, [S. l.], v. 266, p. 109028, 2023. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.109028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527323002608>. Acesso em: 20 jul. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14001:2015 – Environmental management systems – Requirements with guidance for use**. Geneva: ISO, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use**. Geneva: ISO, 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9001:2015 – Quality management systems – Requirements**. Geneva: ISO, 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. Acesso em: 15 jul. 2025.

JAMES, Glyn; TATE, Booker. **Sugarcane**. Oxford: Blackwell Science, 2004.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira, 1992.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. **Journal of Chiropractic Medicine**, St. Louis, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016. DOI: 10.1016/j.jcm.2016.02.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1556370716000158>. Acesso em: 15 jul. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529310> Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2301102>. Acesso em 22 mai. 2025

LAVARACK, B. P.; RODGERS, A.; GRAY, P. Performance improvement in the Pioneer sugar mill through cogeneration and process optimization. **International Sugar Journal**, v. 106, n. 1267, p. 28–34, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298140016_Improving_the_energy_efficiency_of_sugar_factories_Case_study_for_Pioneer_Mill. Acesso em 05 Jul 2025.

LEITE, E. D.; ALBERTON, A.; NOGUEIRA DIAS, C.; LUIZ PEREIRA, A.; ARAÚJO SOUSA FARIAS, R. As dimensões do modelo de excelência de gestão no desempenho da inovação nas micro e pequenas empresas do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 20, n. 3, p. [inserir páginas], 2024.

DOI: doi.org. Disponível

em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/7508>. Acesso em: 24 maio 2025.

LEWIS, Alison E. et al. Thermodynamic simulation and evaluation of sugar refinery evaporators using a steady state modelling approach. **Applied Thermal Engineering**, v. 30, p. 2180–2186, 2010. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2010.05.031. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135943111000236X?via%3Dihub>. Acesso em: 24 mai. 2025.

LIMA, Rafael Antonio de. **Eficiência Energética de Evaporadores de Múltiplos Efeitos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

LOPES, Cláudio Hartkopf. **Tecnologia de produção de açúcar de cana**. São Carlos: EdUFSCar, 2017.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. R. **Produção de açúcar e etanol: tecnologias atuais e futuras**. Campinas: Editora ABC, 2015.

MACHADO, Roberto Luiz Pires; DUTRA, André de Souza; PINTO, Mauro Sergio Vianello. **Boas práticas de fabricação (BPF)**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015. 20 p. (Documentos / Embrapa Agroindústria de Alimentos, 120). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1028270>. Acesso em: 19 mai. 2024.

MATSUMOTO, A. S. et al. Uso do Modelo de Excelência da Gestão da FNQ como instrumento de gestão nas micro e pequenas empresas. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 11-32, 2015. Disponível em: producaoonline.org.br. Acesso em: 25 dez. 2025.

MELO, Silvia Barbosa de. **O processo de certificação ISO 14001 nas práticas de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira do Estado de Minas Gerais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado, São Paulo, 2009.

MERINO, Alejandro et al. Real time optimization for steam management in an evaporation section. **Control Engineering Practice**, Oxford, v. 79, p. 91–104, 2018. DOI: 10.1016/j.conengprac.2018.07.010. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 07 jan. 2024.

MIREA, Letitia. Fault detection and isolation using dynamic co-active neuro-fuzzy systems. In: IFAC SYMPOSIUM ON FAULT DETECTION, SUPERVISION AND SAFETY OF TECHNICAL PROCESSES, 7., 2009, Barcelona. **Anais [...]**. Barcelona:

IFAC, 2009. p. 498-503. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 21 jul. 2025.

MONTEIRO DA HORA, Henrique Rego; MONTEIRO, Geilsa Tibau; ARICA, José. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de Cronbach. **Produção**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2010.

MORESI, E. A. **Projeto de pesquisa: planejamento para elaboração de monografia segundo a metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Malcolm Baldrige criteria for performance excellence**. Gaithersburg, MD: NIST, 2021. Disponível em: <https://www.nist.gov/baldrige/products-services/baldrige-excellence-framework>. Acesso em: 15 jul. 2025.

NÓBREGA, Kleber Cavalcanti. **Uma abordagem sistêmica para o diagnóstico da qualidade**. 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990. Disponível em: repositorio.ufsc.br. Acesso em: 25 dez. 2025.

OAKLAND, J. S. **Total Quality Management and Operational Excellence**. London: Routledge, 2014.

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PHAKAM, Bunnaporn et al. The effect of cleaning agents on the structural features of heat exchanger deposits from sugar factories. **Journal of Food Engineering**, Brisbane, v. 226, p. 65-72, 2018.

PITTEEA, A. V.; AH KING, R. T. F.; RUGHOOPUTH, H. C. Intelligent controller for multiple-effect evaporators in the sugar industry using fuzzy logic control. In: IEEE International Conference on Industrial Technology, 2004, Vasto. **Proceedings**. Vasto: IEEE, 2004. p. 1-6.

POISSON, M. **Fundamentos da Qualidade Total**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

QUEIROZ, F. M. **Influência da filtração no processo de concentração de vinhaça**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Iturama, 2022.

RADZIWILL, N. M. Let's get digital: the many ways the fourth industrial revolution is reshaping the way we think about quality. **Quality Progress**, [S.l.], v.51, n.10, p.24–29, 2018.

REIN, Peter. **Cane Sugar Engineering**. 2. ed. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG, 2017.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 20. ed. Petrópolis: Vozes, 2020.

RUSSO, Rafael de Farias S.; CAMANHO, Ana Sofia G. Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature. **Procedia Computer Science**, Amsterdam, v. 55, p. 1123–1132, 2015.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v.48, p. 9-26, 1990.

SAATY, Thomas L. Normalization and idealization in the analytic hierarchy process. In: International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 2003, Bali. **Proceedings...** Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2003.

SAATY, Thomas L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAMPAIO, J. R.; MANCINI, P. C. **Metodologia científica para o curso de direito**. São Paulo: Saraiva, 2007.

SANCHES, V. et al. Comparação de eficiência energética de evaporadores de simples e múltiplos efeitos em usinas sucroalcooleiras. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. e78264, 2025. DOI: [10.34188/bjaerv8n1-001](https://doi.org/10.34188/bjaerv8n1-001). Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/78264> Acesso em: 23 fev. 2025.

SANTOS, Henrique de Oliveira. **Melhoria da eficiência energética em sistema de evaporadores: uma análise de custos com variações de parâmetros**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. **Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde**. São Paulo: SEMIL; SAA; CETESB; UNICA; ORPLANA, 2024. Disponível em: semil.sp.gov.br. Acesso em: 01 dez. 2024.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SHIMIZU, Tamio. **Decisão nas organizações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

SILVA, A. F.; PEREIRA, L. M. **Gestão da qualidade no processo de produção de açúcar**. Rio de Janeiro: Editora DEF, 2018.

SILVA, Andrezza Lemos Rangel da. **Prospecção tecnológica de automação na indústria de processos**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SILVA, Eduardo Palma Lopes da. **Avaliação da maturidade do sistema de gestão em uma agroindústria familiar do setor sucroenergético**: estudo de caso baseado no Modelo Brasileiro de Excelência da Gestão. 2019. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

SILVA, J. G. D. Comparação de métodos de limpeza das tubulações no processo da obtenção do açúcar. *In*: ANAIS INOVAÇÃO, TECNOLOGIA, GESTÃO E SUSTENTABILIDADE, 1., 2017, Tangará da Serra. **Anais [...]**. Tangará da Serra: UNEMAT, 2017. Disponível em: portal.unemat.br. Acesso em: 20 dez. 2024.

SILVA, L. N.; ARRAES, N. A. M.; VILELA FILHO, L. R. A adoção da gestão da qualidade em usinas de açúcar e etanol brasileiras. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABEPRO, 2015. p. 1-16. Disponível em: www.abepro.org.br. Acesso em: 21 mai. 2025.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, Eduardo José Oenning. **Modelo de diagnóstico para avaliação de Sistemas de Gestão da Qualidade em PMEs**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: repositorio.ufpe.br. Acesso em: 17 jun. 2024.

SOARES, Rafael M.; CÂMARA, Maurício M.; FEITAL, Thiago; PINTO, José Carlos. Digital Twin for Monitoring of Industrial Multi Effect Evaporation. **Processes**, Basel, v. 7, n. 8, p. 537, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr7080537>. Disponível em: www.mdpi.com. Acesso em: 29 jan. 2025.

SONAJE, N. P. Review on performance evaluation of sugar industry through energy conservation. **International Journal of Research in Advent Technology**, [s. l.], v. 5, n. 3, p.38-41, mar. 2017.

STRACHMAN, E.; PUPIN, M. A. **Qualidade e Produtividade no Setor Sucroenergético**. Piracicaba: ESALQ, 2011.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia. **Selo energia verde**. São Paulo: UNICA, 2024. Disponível em: <https://unica.com.br/iniciativas/selo-energia-verde/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

VALIM, Marília Duarte; MARZIALE, Maria Helena Palucci; HAYASHIDA, Miyeko; ROCHA, Fernanda Ludmilla Rossi; SANTOS, Jair Lício Ferreira. Validade e confiabilidade do Questionário de Adesão às Precauções-Padrão. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 49, n. 87, p. 1-8, 2015. DOI: 10.1590/S0034-8910.2015049005975. Disponível em: www.scielo.br. Acesso em: 18 ago. 2024.

WITCZAK, Marcin; OBUCHOWICZ, Andrzej; KORBICZ, Józef. Genetic programming-based approaches to identification and fault diagnosis of non-linear dynamic systems. **International Journal of Control**, [s. l.], v. 75, n. 13, p. 1012-1031, 2002.

WOLNIAK, Radosław; GREBSKI, Wiesław. The usage of Statistical Process Control (SPC) in Industry 4.0 conditions. **Scientific Papers of Silesian University of Technology**, [s. l.], n. 190, p. 259-268, 2023. DOI: 10.29119/1641-3466.2023.190.18

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE NO SETOR DE EVAPORAÇÃO.

a) Análise da capacidade estratégica do setor de evaporação

1. O setor de evaporação do caldo adota práticas de operação e controle que estejam alinhadas aos benchmarks da indústria quanto à eficiência energética e ao consumo específico de vapor?
2. As tecnologias atualmente utilizadas no setor de evaporação estão alinhadas às melhores práticas disponíveis no mercado?
3. As tecnologias e processos utilizados atualmente no setor de evaporação garantem um desempenho igual ou superior ao das principais usinas concorrentes?
4. As práticas atuais do setor de evaporação evitam perdas ou atrasos operacionais relacionados à falta de tecnologia adequada ou problemas nos processos produtivos?
5. O setor de evaporação contribui diretamente para reduzir os custos gerais de produção da usina?
6. As práticas operacionais atuais do setor de evaporação estão otimizadas para evitar desperdícios e aumentar a produtividade?
7. O setor de evaporação influencia positivamente na qualidade dos produtos, conforme os objetivos estabelecidos pela usina?
8. As operações realizadas pelo setor de evaporação estão claramente relacionadas às metas estratégicas definidas pela alta gestão da usina?
9. As melhorias recentes implementadas no setor de evaporação resultaram claramente em redução dos custos operacionais e aumento da produtividade?
10. O setor de evaporação possui estrutura suficiente (tecnologia, processos e pessoas) para garantir vantagens competitivas de longo prazo para a usina?
11. As novas tecnologias ou melhorias adotadas no processo de evaporação estão permitindo diferenciar os produtos da usina em relação à concorrência?
12. O setor de evaporação está avaliando ou implementando tecnologias ou processos novos para atender diferentes demandas de mercado?
13. A equipe do setor de evaporação está preparada tecnicamente para implementar novas tecnologias e melhorias no processo produtivo?

14. As ações atuais do setor de evaporação podem transformar a usina em uma referência reconhecida no mercado quanto à eficiência operacional e qualidade do produto?

b) Gerenciamento da qualidade

15. O setor de Evaporação possui uma política de qualidade bem definida?

16. O setor de Evaporação possui objetivos de qualidade?

17. O setor de Evaporação possui plano de melhorias continua?

18. É realizada auditorias de programas de qualidade no setor de evaporação?

c) Planejamento da qualidade do produto.

19. O setor tem planejamento formal para definir os parâmetros de qualidade a serem analisados para produtos do setor de evaporação?

20. Existem especificações de qualidade pré-estabelecidas para os produtos do setor evaporação?

21. A frequência das análises planejadas é adequada para detectar variações significativas na qualidade dos produtos do setor de evaporação?

22. O planejamento prevê análises adicionais em casos de mudanças no processo ou suspeitas de não conformidades nos produtos?

23. Existe plano de auditoria para a qualidade do produto?

24. É planejado ações para tratamento de não conformidade e recomendações de ações corretivas para os produtos?

d) Planejamento da qualidade do processo

25. Existe um planejamento com critérios para o controle de qualidade no processo?

26. As características críticas do processo de evaporação são claramente identificadas e consideradas no planejamento da qualidade do processo?

27. O planejamento considera a integração entre diferentes etapas do processo para evitar falhas?

28. Os objetivos de qualidade planejados para o processo no setor são alinhados às metas estratégicas da organização?

29. A frequência dos controles planejados ao longo do processo é adequada para detectar e corrigir desvios de qualidade de forma oportuna?

30. O planejamento especifica claramente os momentos e etapas do processo que requerem inspeções ou ajustes?

31. Há critérios planejados para determinar quando ações corretivas ou preventivas devem ser aplicadas no processo?
32. O planejamento da qualidade do processo está devidamente documentado e acessível para todos os envolvidos?
33. O plano de qualidade do processo considera a disponibilidade de recursos necessários (humanos, tecnológicos e financeiros)?
34. Existem protocolos planejados para ajustar os processos em caso de mudanças inesperadas?

e) Equipamento para informação da qualidade

35. Os equipamentos de informação da qualidade são planejados para atender às necessidades específicas do processo, incluindo a coleta, análise e disseminação de dados de forma eficiente?
36. Os instrumentos utilizados para monitorar os parâmetros do processo de evaporação são adequados e confiáveis?
37. O planejamento considera a identificação e a disponibilidade de equipamentos específicos para a realização de análises de amostras coletadas do processo?
38. Há procedimentos claros para a operação e calibração dos instrumentos utilizados para monitoramento de parâmetros e análises de amostras?
39. Os registros de calibração e manutenção dos instrumentos são mantidos atualizados e acessíveis?
40. O planejamento da qualidade assegura que os instrumentos utilizados sejam periodicamente aferidos para garantir a precisão das medições?
41. Os métodos utilizados para coleta e análise de amostras são compatíveis com os padrões de qualidade do setor?
42. A análise de dados provenientes dos instrumentos e das amostras é feita de forma eficiente e contribui para o controle do processo?
43. As condições de armazenamento e preservação dos instrumentos garantem sua funcionalidade e precisão ao longo do tempo?
44. Os resultados das análises de amostras coletadas são utilizados de maneira eficaz para identificar e corrigir desvios no processo?

f) Desenvolvimento de recursos humanos

45. Existem programas participativos que incentivam a colaboração entre os colaboradores do setor de evaporação?
46. O pessoal diretamente envolvido no processo de evaporação recebe treinamento nos princípios de controle de qualidade aplicados ao setor?
47. Há programas de rotatividade e treinamento para novos colaboradores no setor de evaporação?
48. O treinamento contínuo para os colaboradores do setor de evaporação é oferecido regularmente?
49. Existem programas para promoção do pessoal do setor de evaporação com base em critérios objetivos?
50. O desempenho dos colaboradores do setor de evaporação é avaliado regularmente com base em indicadores claros?
51. Os colaboradores do setor têm conhecimento adequado sobre a função do controle de qualidade aplicado à evaporação?
52. Os métodos e técnicas de controle de qualidade são ensinados de maneira prática e adaptada ao piso de fábrica do setor de evaporação?
53. A orientação e o gerenciamento da qualidade são claramente comunicados aos colaboradores do setor de evaporação?
54. O conhecimento dos colaboradores do setor de evaporação é avaliado periodicamente para identificar necessidades de treinamento?

g) Acompanhamento da qualidade do processo

55. O pessoal do setor de evaporação tem conhecimento adequado sobre as características de qualidade do processo?
56. Os controles de processo estabelecidos são seguidos rigorosamente no setor de evaporação?
57. Existem planos detalhados para o controle de qualidade em cada etapa do processo de evaporação?
58. As condições e os meios fornecidos são adequados para a execução das tarefas relacionadas ao controle do processo?
59. Os planos de controle de qualidade do processo de evaporação são atualizados regularmente para atender às necessidades operacionais?

60. O desempenho do processo de evaporação é avaliado com base em índices de qualidade bem definidos?
61. Há procedimentos adequados para o manuseio, movimentação, armazenamento e expedição dos produtos no processo de evaporação?
62. A situação de inspeção dos itens do processo é identificada claramente em todas as etapas?
63. Os desvios no processo de evaporação são detectados e identificados de maneira eficiente?
64. Ações corretivas para tratar os desvios do processo são implementadas de forma rápida e eficaz?
65. Ferramentas estatísticas como Controle Estatístico de Processos (CEP) são utilizadas para monitorar o desempenho do processo de evaporação?
66. Os processos especiais do setor de evaporação são monitorados de maneira contínua?
67. As instalações do setor de evaporação são adequadas para garantir a qualidade do processo?
68. As necessidades de manutenção dos equipamentos utilizados no processo de evaporação são identificadas e atendidas regularmente?
69. Equipamentos de medição utilizados no setor de evaporação são padronizados, calibrados e mantidos de forma adequada?
70. Os dados do processo de evaporação são coletados, analisados e arquivados de forma eficiente para fins de controle e melhoria?
71. Auditorias regulares são realizadas no processo de evaporação para garantir a conformidade com os padrões de qualidade?
72. O desempenho do controle de processo no setor de evaporação é avaliado regularmente?
73. O desempenho do pessoal responsável pelo controle do processo de evaporação é avaliado e utilizado para melhorias contínuas?

h) Acompanhamento da qualidade do produto

74. Os parâmetros de qualidade dos produtos da Evaporação são analisados de acordo com as especificações estabelecidas?
75. Há um sistema eficiente para monitorar a conformidade dos produtos em diferentes etapas do processo de evaporação?
76. Os critérios de qualidade do produto são revisados periodicamente para garantir alinhamento com os requisitos da operação?

77. São realizadas análises laboratoriais para verificar a conformidade do produto com os padrões de qualidade estabelecidos?
78. Os resultados das análises de qualidade do produto são registrados e utilizados para controle e melhorias no processo?
79. As ações corretivas em caso de desvios de qualidade do produto são implementadas de forma eficiente?
80. Os índices de qualidade dos produtos são calculados regularmente e utilizados para monitoramento do desempenho do processo?
81. O produto é armazenado em condições adequadas para preservar suas características de qualidade até a expedição?
82. São realizadas auditorias internas e externas para verificar a qualidade do produto ao longo do processo de evaporação?
83. As não conformidades identificadas no produto são comunicadas aos responsáveis pela operação para ajustes no processo?
84. Os dados de qualidade do produto são analisados para identificar tendências e possíveis causas de variabilidade?

i) Indicadores da qualidade

85. Existem procedimentos claros para a coleta e análise de dados relacionados ao processo de evaporação?
86. Os dados coletados são tabulados de forma consistente e organizada para facilitar a análise e a tomada de decisões?
87. Relatórios são gerados regularmente para avaliar a qualidade dos materiais adquiridos?
88. Há relatórios específicos que avaliem a qualidade do processo de evaporação?
89. As perdas de produção no processo de evaporação são registradas e analisadas?
90. São realizadas auditorias de processo para garantir a conformidade com os padrões de qualidade?
91. Auditorias de produto são conduzidas regularmente para verificar a qualidade final?
92. Reclamações relacionadas à qualidade do produto ou processo de evaporação são registradas e utilizadas para melhorias?
93. Estudos especiais são realizados para avaliar questões específicas de qualidade no setor de evaporação?

94. Os custos da qualidade são monitorados e relatados para suporte à gestão do setor?
95. São realizadas análises para identificar a necessidade ou viabilidade de informatizar os dados de qualidade?
96. O sistema de informação da qualidade passa por revisões periódicas para avaliar sua eficácia?

APÊNDICE B – Tabelas e quadros de resultados da ponderação e aplicação do questionário

Tabela 16- Avaliação das questões por: especialistas A B C, médias por critério e índice de relevância obtido no software MinDecider

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
1	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	0,977
1	Influência na eficiência operacional	3	2	2	2,3	
1	Integração com outros setores	1	2	2	1,7	
1	Capacidade de reduzir custos	1	1	2	1,3	
1	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
1	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
1	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	0,864
2	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	
2	Influência na eficiência operacional	2	1	2	1,7	
2	Integração com outros setores	2	2	1	1,7	
2	Capacidade de reduzir custos	4	5	5	4,7	
2	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
2	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	1,19
2	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
3	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	3	3,7	
3	Influência na eficiência operacional	4	4	3	3,7	
3	Integração com outros setores	5	4	5	4,7	
3	Capacidade de reduzir custos	4	3	4	3,7	
3	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	1,226
3	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	3	3	3,3	
3	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
4	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	
4	Influência na eficiência operacional	4	5	4	4,3	
4	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
4	Capacidade de reduzir custos	4	4	3	3,7	1,098
4	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
4	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
4	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
5	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	
5	Influência na eficiência operacional	3	4	3	3,3	
5	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	0,900
5	Capacidade de reduzir custos	5	4	4	4,3	
5	Custo de implementação/mediação	4	5	4	4,3	
5	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
5	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
6	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	3	3,7	
6	Influência na eficiência operacional	4	5	5	4,7	
6	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	1,0
6	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	

Continua

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
6	Custo de implementação/mediação	1	1	2	1,3	
6	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
6	Mensurabilidade/objetividade	5	4	5	4,7	
7	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,009
7	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
7	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
7	Capacidade de reduzir custos	2	1	1	1,3	
7	Custo de implementação/mediação	3	4	3	3,3	
7	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
7	Mensurabilidade/objetividade	3	2	3	2,7	
8	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,867
8	Influência na eficiência operacional	4	3	4	3,7	
8	Integração com outros setores	2	3	3	2,7	
8	Capacidade de reduzir custos	4	3	4	3,7	
8	Custo de implementação/mediação	1	2	2	1,7	
8	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	3	2	2,3	
8	Mensurabilidade/objetividade	3	3	2	2,7	
9	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	2	2	2,3	0,927
9	Influência na eficiência operacional	2	3	3	2,7	
9	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
9	Capacidade de reduzir custos	4	3	4	3,7	
9	Custo de implementação/mediação	4	3	3	3,3	
9	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	2	2	2,3	
9	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
10	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,240
10	Influência na eficiência operacional	5	5	4	4,7	
10	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
10	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
10	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
10	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	1	1,7	
10	Mensurabilidade/objetividade	5	5	4	4,7	
11	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,329
11	Influência na eficiência operacional	3	3	2	2,7	
11	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
11	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
11	Custo de implementação/mediação	1	1	2	1,3	
11	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	5	4	4,3	
11	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
12	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	3	2,3	0,924
12	Influência na eficiência operacional	2	1	2	1,7	
12	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
12	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
12	Custo de implementação/mediação	3	4	4	3,7	
12	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
12	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
13	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	0,968
13	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
13	Integração com outros setores	2	1	1	1,3	
13	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
13	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
13	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
13	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
14	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	0,868
14	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
14	Integração com outros setores	2	3	2	2,3	
14	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
14	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
14	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	1	1,7	
14	Mensurabilidade/objetividade	4	3	3	3,3	
15	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	5	4	4,3	1,326
15	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
15	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
15	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
15	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
15	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
15	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
16	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,251
16	Influência na eficiência operacional	4	5	5	4,7	
16	Integração com outros setores	2	3	3	2,7	
16	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
16	Custo de implementação/mediação	4	5	4	4,3	
16	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
16	Mensurabilidade/objetividade	2	2	1	1,7	
17	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	1,192
17	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
17	Integração com outros setores	2	2	3	2,3	
17	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
17	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
17	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
17	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
18	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,095
18	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
18	Integração com outros setores	2	3	3	2,7	
18	Capacidade de reduzir custos	4	4	4	4,0	
18	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
18	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
18	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
19	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,893

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
19	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
19	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
19	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
19	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
19	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	3	3,7	
19	Mensurabilidade/objetividade	4	5	4	4,3	
20	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	2	2,7	0,842
20	Influência na eficiência operacional	1	1	2	1,3	
20	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
20	Capacidade de reduzir custos	2	3	2	2,3	
20	Custo de implementação/mediação	2	1	1	1,3	
20	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
20	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
21	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,370
21	Influência na eficiência operacional	4	4	3	3,7	
21	Integração com outros setores	5	4	5	4,7	
21	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
21	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
21	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
21	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
22	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	1,105
22	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
22	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
22	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
22	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
22	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
22	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
23	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	1,215
23	Influência na eficiência operacional	5	4	5	4,7	
23	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
23	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
23	Custo de implementação/mediação	4	5	5	4,7	
23	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	2	1	1,3	
23	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
24	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	4	4,7	1,261
24	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
24	Integração com outros setores	3	4	4	3,7	
24	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
24	Custo de implementação/mediação	4	3	4	3,7	
24	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
24	Mensurabilidade/objetividade	3	3	2	2,7	
25	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	2	1,3	0,768
25	Influência na eficiência operacional	2	1	1	1,3	
25	Integração com outros setores	5	5	4	4,7	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
25	Capacidade de reduzir custos	3	2	3	2,7	
25	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
25	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	3	2	2,3	
25	Mensurabilidade/objetividade	3	3	2	2,7	
26	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	2	1	1,3	0,732
26	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
26	Integração com outros setores	1	2	1	1,3	
26	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
26	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
26	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	3	3	2,7	
26	Mensurabilidade/objetividade	4	4	5	4,3	
27	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,207
27	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
27	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
27	Capacidade de reduzir custos	4	3	3	3,3	
27	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
27	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	4	4	4,3	
27	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	0,881
28	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	2	2	1,7	
28	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
28	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
28	Capacidade de reduzir custos	5	4	4	4,3	
28	Custo de implementação/mediação	3	3	2	2,7	
28	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	3	4	3,7	
28	Mensurabilidade/objetividade	2	2	1	1,7	
29	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	4	3	3,3	0,766
29	Influência na eficiência operacional	1	2	1	1,3	
29	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
29	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
29	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
29	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	4	4	4,3	
29	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	0,597
30	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	1	1,7	
30	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
30	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
30	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
30	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
30	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
30	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	0,852
31	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	
31	Influência na eficiência operacional	4	4	5	4,3	
31	Integração com outros setores	1	2	2	1,7	
31	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
31	Custo de implementação/mediação	5	4	5	4,7	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
31	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	3	3	3,3	
31	Mensurabilidade/objetividade	3	2	3	2,7	
32	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,26
32	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
32	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
32	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
32	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
32	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
32	Mensurabilidade/objetividade	4	3	4	3,7	
33	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	2	2	1,7	1,051
33	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
33	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
33	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
33	Custo de implementação/mediação	3	4	3	3,3	
33	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
33	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
34	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,292
34	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
34	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
34	Capacidade de reduzir custos	5	5	4	4,7	
34	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
34	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
34	Mensurabilidade/objetividade	2	2	1	1,7	
35	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,919
35	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
35	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
35	Capacidade de reduzir custos	2	2	1	1,7	
35	Custo de implementação/mediação	4	3	3	3,3	
35	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
35	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
36	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,761
36	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
36	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
36	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
36	Custo de implementação/mediação	1	1	2	1,3	
36	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
36	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
37	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	5	4,3	1,345
37	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
37	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
37	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
37	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
37	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	3	3	2,7	
37	Mensurabilidade/objetividade	3	3	4	3,3	0,901

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
38	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	
38	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
38	Integração com outros setores	4	3	3	3,3	
38	Capacidade de reduzir custos	3	4	3	3,3	
38	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
38	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
38	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
39	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	4	4,7	1,153
39	Influência na eficiência operacional	4	4	5	4,3	
39	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
39	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
39	Custo de implementação/mediação	3	3	4	3,3	
39	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
39	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
40	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	3	3	3,3	1,263
40	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
40	Integração com outros setores	2	3	2	2,3	
40	Capacidade de reduzir custos	5	4	5	4,7	
40	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
40	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
40	Mensurabilidade/objetividade	3	2	2	2,3	
41	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	2	3	2,7	1,230
41	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
41	Integração com outros setores	2	2	1	1,7	
41	Capacidade de reduzir custos	5	4	5	4,7	
41	Custo de implementação/mediação	5	4	5	4,7	
41	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
41	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
42	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	1	2	1,7	1,133
42	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
42	Integração com outros setores	5	4	5	4,7	
42	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
42	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
42	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
42	Mensurabilidade/objetividade	4	5	4	4,3	
43	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,130
43	Influência na eficiência operacional	5	4	5	4,7	
43	Integração com outros setores	3	4	3	3,3	
43	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
43	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
43	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
43	Mensurabilidade/objetividade	2	2	3	2,3	
44	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,224
44	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
44	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
44	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
44	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
44	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
44	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
45	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,313
45	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
45	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
45	Capacidade de reduzir custos	4	3	4	3,7	
45	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
45	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
45	Mensurabilidade/objetividade	3	2	3	2,7	
46	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,004
46	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
46	Integração com outros setores	4	4	3	3,7	
46	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
46	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
46	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
46	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
47	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,004
47	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
47	Integração com outros setores	4	4	3	4,0	
47	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
47	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
47	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
47	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
48	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	3	2	2,3	1,176
48	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
48	Integração com outros setores	3	4	4	3,7	
48	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
48	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
48	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
48	Mensurabilidade/objetividade	3	4	3	3,3	
49	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,131
49	Influência na eficiência operacional	4	3	3	3,3	
49	Integração com outros setores	3	3	2	2,7	
49	Capacidade de reduzir custos	2	2	1	1,7	
49	Custo de implementação/mediação	4	4	5	4,3	
49	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	2	2,0	
49	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
50	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	0,95
50	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
50	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
50	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
50	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
50	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
50	Mensurabilidade/objetividade	2	3	3	2,7	
51	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	5	4	4,3	1,403
51	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
51	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
51	Capacidade de reduzir custos	4	4	4	4,0	
51	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
51	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
51	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
52	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	1,147
52	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
52	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
52	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
52	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
52	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
52	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
53	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,224
53	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
53	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
53	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
53	Custo de implementação/mediação	3	4	3	3,3	
53	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
53	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
54	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	5	4,3	0,933
54	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
54	Integração com outros setores	1	2	1	1,3	
54	Capacidade de reduzir custos	4	5	4	4,3	
54	Custo de implementação/mediação	1	2	1	1,3	
54	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	4	4	4,3	
54	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
55	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,354
55	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
55	Integração com outros setores	1	2	2	1,7	
55	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
55	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
55	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
55	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
56	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	4	4	3,7	0,956
56	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
56	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
56	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
56	Custo de implementação/mediação	2	2	1	1,7	
56	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
56	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
57	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	1,012
57	Influência na eficiência operacional	3	3	4	3,3	
57	Integração com outros setores	3	3	2	2,7	
57	Capacidade de reduzir custos	3	4	3	3,3	
57	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
57	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
57	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
58	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,018
58	Influência na eficiência operacional	3	2	3	2,7	
58	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
58	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
58	Custo de implementação/mediação	2	1	2	1,7	
58	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	2	2,0	
58	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
59	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	0,978
59	Influência na eficiência operacional	1	2	2	1,7	
59	Integração com outros setores	3	3	4	3,3	
59	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
59	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
59	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
59	Mensurabilidade/objetividade	2	3	3	2,7	
60	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	0,924
60	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
60	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
60	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
60	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
60	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
60	Mensurabilidade/objetividade	3	3	2	2,7	
61	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	3	3	3,3	1,063
61	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
61	Integração com outros setores	1	1	2	1,3	
61	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
61	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
61	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
61	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
62	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	4	5	4,7	1,086
62	Influência na eficiência operacional	1	2	2	1,7	
62	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
62	Capacidade de reduzir custos	2	3	3	2,7	
62	Custo de implementação/mediação	3	3	2	2,7	
62	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	1	2	1,7	
62	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
63	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,679

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
63	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
63	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
63	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
63	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
63	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
63	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
64	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	1,011
64	Influência na eficiência operacional	3	4	4	3,7	
64	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
64	Capacidade de reduzir custos	4	4	4	4,0	
64	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
64	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	2	1,3	
64	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
65	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,982
65	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
65	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
65	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
65	Custo de implementação/mediação	2	3	3	2,7	
65	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	2	1,3	
65	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
66	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,102
66	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
66	Integração com outros setores	3	2	2	2,3	
66	Capacidade de reduzir custos	4	5	4	4,3	
66	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
66	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	3	3,7	
66	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
67	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,105
67	Influência na eficiência operacional	1	1	2	1,3	
67	Integração com outros setores	4	3	3	3,3	
67	Capacidade de reduzir custos	4	3	3	3,3	
67	Custo de implementação/mediação	3	3	2	2,7	
67	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	4	4	4,3	
67	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
68	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	3	3	3,3	0,953
68	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
68	Integração com outros setores	4	3	3	3,3	
68	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
68	Custo de implementação/mediação	3	3	2	2,7	
68	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	2	2,0	
68	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
69	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	1,137
69	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
69	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
69	Capacidade de reduzir custos	3	2	3	2,7	
69	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
69	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
69	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
70	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	3	2	2,3	0,928
70	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
70	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
70	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
70	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
70	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
70	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
71	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	2	2,7	0,958
71	Influência na eficiência operacional	1	1	2	1,3	
71	Integração com outros setores	3	3	2	2,7	
71	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
71	Custo de implementação/mediação	4	5	5	4,7	
71	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
71	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
72	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	1,137
72	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
72	Integração com outros setores	5	5	5	5,0	
72	Capacidade de reduzir custos	2	2	3	2,3	
72	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
72	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	2	1	1,3	
72	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
73	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	0,886
73	Influência na eficiência operacional	4	3	4	3,7	
73	Integração com outros setores	3	3	2	2,7	
73	Capacidade de reduzir custos	2	1	2	1,7	
73	Custo de implementação/mediação	4	4	4	4,0	
73	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	2	2	2,3	
73	Mensurabilidade/objetividade	5	4	4	4,3	
74	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	2	2,7	1,088
74	Influência na eficiência operacional	3	2	2	2,3	
74	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
74	Capacidade de reduzir custos	3	3	4	3,3	
74	Custo de implementação/mediação	4	3	3	3,3	
74	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	2	2	2,3	
74	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
75	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,300
75	Influência na eficiência operacional	2	3	3	2,7	
75	Integração com outros setores	3	4	3	3,3	
75	Capacidade de reduzir custos	3	4	3	3,3	
75	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
75	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	1	2	1,7	
75	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
76	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	4	4	4,3	1,312
76	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
76	Integração com outros setores	4	5	5	4,7	
76	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
76	Custo de implementação/mediação	2	2	1	1,7	
76	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
76	Mensurabilidade/objetividade	1	2	2	1,7	
77	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,251
77	Influência na eficiência operacional	1	2	2	1,7	
77	Integração com outros setores	1	2	1	1,3	
77	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
77	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
77	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
77	Mensurabilidade/objetividade	3	4	4	3,7	
78	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	4	3,3	0,760
78	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
78	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
78	Capacidade de reduzir custos	2	2	2	2,0	
78	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
78	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
78	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
79	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,227
79	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
79	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
79	Capacidade de reduzir custos	3	3	2	2,7	
79	Custo de implementação/mediação	5	4	4	4,3	
79	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
79	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	
80	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	3	3,0	0,877
80	Influência na eficiência operacional	4	4	4	4,0	
80	Integração com outros setores	1	2	1	1,3	
80	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
80	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
80	Confiabilidade (capacidade de ação)	5	5	5	5,0	
80	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
81	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	0,974
81	Influência na eficiência operacional	5	5	4	4,7	
81	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
81	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
81	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
81	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
81	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
82	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	3	2	2,7	0,916
82	Influência na eficiência operacional	3	3	3	3,0	
82	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
82	Capacidade de reduzir custos	3	4	3	3,3	
82	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
82	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
82	Mensurabilidade/objetividade	2	1	2	1,7	1,050
83	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	
83	Influência na eficiência operacional	1	1	2	1,3	
83	Integração com outros setores	5	4	5	4,7	
83	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
83	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
83	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	3	3	2,7	0,829
83	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
84	Alinhamento com os objetivos estratégicos	1	1	1	1,0	
84	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
84	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
84	Capacidade de reduzir custos	4	3	4	3,7	
84	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	1,098
84	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	2	2	1,7	
84	Mensurabilidade/objetividade	1	2	2	1,7	
85	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	
85	Influência na eficiência operacional	5	5	5	5,0	
85	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
85	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	0,958
85	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
85	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	4	4	3,7	
85	Mensurabilidade/objetividade	4	4	3	3,7	
86	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	
86	Influência na eficiência operacional	3	2	3	2,7	
86	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	0,851
86	Capacidade de reduzir custos	4	5	5	4,7	
86	Custo de implementação/mediação	5	5	5	5,0	
86	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	1	1	1,0	
86	Mensurabilidade/objetividade	3	3	3	3,0	
87	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	
87	Influência na eficiência operacional	1	1	2	1,3	1,078
87	Integração com outros setores	3	4	3	3,3	
87	Capacidade de reduzir custos	1	2	1	1,3	
87	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
87	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	2	2,0	
87	Mensurabilidade/objetividade	1	2	2	1,7	
88	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	4	3	3,3	1,078
88	Influência na eficiência operacional	5	5	4	4,7	

Tabela 16 - continuação

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
88	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
88	Capacidade de reduzir custos	1	2	1	1,3	
88	Custo de implementação/mediação	2	3	2	2,3	
88	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
88	Mensurabilidade/objetividade	4	4	4	4,0	1,123
89	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	
89	Influência na eficiência operacional	2	2	2	2,0	
89	Integração com outros setores	1	1	2	1,3	
89	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
89	Custo de implementação/mediação	4	3	4	3,7	
89	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
89	Mensurabilidade/objetividade	4	3	3	3,3	
90	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	5	4,3	1,142
90	Influência na eficiência operacional	3	2	2	2,3	
90	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
90	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
90	Custo de implementação/mediação	2	2	2	2,0	
90	Confiabilidade (capacidade de ação)	2	2	2	2,0	
90	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
91	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	3	3,7	1,114
91	Influência na eficiência operacional	4	3	3	3,3	
91	Integração com outros setores	3	3	3	3,0	
91	Capacidade de reduzir custos	3	3	3	3,0	
91	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
91	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	4	3,3	
91	Mensurabilidade/objetividade	2	2	2	2,0	
92	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	3	2	2,3	0,786
92	Influência na eficiência operacional	2	1	1	1,3	
92	Integração com outros setores	2	2	2	2,0	
92	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	
92	Custo de implementação/mediação	3	3	3	3,0	
92	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
92	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
93	Alinhamento com os objetivos estratégicos	5	5	5	5,0	1,142
93	Influência na eficiência operacional	1	1	1	1,0	
93	Integração com outros setores	4	4	4	4,0	
93	Capacidade de reduzir custos	5	5	5	5,0	
93	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
93	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	4	3,3	
93	Mensurabilidade/objetividade	1	1	1	1,0	
94	Alinhamento com os objetivos estratégicos	2	2	2	2,0	0,722
94	Influência na eficiência operacional	4	5	5	4,7	
94	Integração com outros setores	1	1	1	1,0	
94	Capacidade de reduzir custos	1	1	1	1,0	

Tabela 16 - conclusão

Questão	Critério	A	B	C	Média/Critério	Índice
94	Custo de implementação/mediação	1	1	1	1,0	
94	Confiabilidade (capacidade de ação)	1	2	2	1,7	
94	Mensurabilidade/objetividade	3	3	2	2,7	
95	Alinhamento com os objetivos estratégicos	3	2	3	2,7	1,051
95	Influência na eficiência operacional	2	3	3	2,7	
95	Integração com outros setores	1	1	2	1,3	
95	Capacidade de reduzir custos	3	3	4	3,3	
95	Custo de implementação/mediação	3	4	3	3,3	
95	Confiabilidade (capacidade de ação)	4	4	4	4,0	
95	Mensurabilidade/objetividade	5	5	5	5,0	
96	Alinhamento com os objetivos estratégicos	4	4	4	4,0	1,395
96	Influência na eficiência operacional	3	4	4	3,7	
96	Integração com outros setores	3	4	3	3,3	
96	Capacidade de reduzir custos	3	2	2	2,3	
96	Custo de implementação/mediação	1	2	1	1,3	
96	Confiabilidade (capacidade de ação)	3	3	3	3,0	
96	Mensurabilidade/objetividade	2	1	2	1,7	

Fonte: Autoria própria

Quadro 3 – Notas e justificativas atribuídas pelos especialistas A, B, C e D ao instrumento de diagnóstico

Especialista A		
Questão	nota	Justificativa
1	4	O setor possui tecnologias compatíveis com as melhores práticas evaporadores de múltiplos efeitos, prés-evaporadores dimensionados para alta eficiência térmica, materiais adequados (aço inox na maioria das caixas) mas a falta de manutenção preventiva e a presença de incrustações comprometem o desempenho real, deixando o sistema aquém do seu potencial de referência no mercado.
2	3	Apesar de haver processos e tecnologias que poderiam garantir eficiência competitiva, na prática o desempenho é inconsistente devido às falhas operacionais e à falta de manutenção adequada. Isso impede que o setor atinja, de forma sustentada, um nível de eficiência compatível com os melhores competidores do mercado.
3	3	O setor possui tecnologia e processos capazes de reduzir desvantagens competitivas, mas as falhas operacionais e o estado atual de manutenção mantêm barreiras de desempenho, como baixa vazão, perdas térmicas e arraste de vapor, que continuam sendo desvantagens frente a concorrentes mais eficientes.
4	3	Em teoria, a eficiência energética e a correta operação do sistema de evaporação reduziriam o consumo de vapor e, portanto, os custos operacionais. No entanto, com as condições atuais baixa taxa de evaporação, ajustes manuais frequentes, necessidade de retrabalho e impacto no mix de produção essa contribuição é intermitente e limitada, não sendo um fator competitivo constante.
5	3	Os procedimentos operacionais existem, mas a presença de gargalos como incrustações, ajustes manuais de níveis e perdas térmicas impedem que a eficiência seja mantida de forma contínua, limitando o potencial máximo de desempenho.
6	3	Embora o setor contribua para atingir o brix e a pureza desejados, instabilidades operacionais e variações na eficiência térmica podem afetar a consistência do xarope, impactando o processo subsequente e, por consequência, a qualidade final do produto.
7	3	As operações seguem a direção estratégica da usina foco em eficiência e maximização da produção de açúcar, mas as limitações operacionais atuais dificultam o alcance pleno dessas metas, criando um desalinhamento prático entre planejamento e execução.
8	3	As operações seguem a direção estratégica da usina foco em eficiência e maximização da produção de açúcar, mas as limitações operacionais atuais dificultam o alcance pleno dessas metas, criando um desalinhamento prático entre planejamento e execução.
9	3	Algumas mudanças já foram feitas e trouxeram ganhos pontuais, mas a falta de constância e a persistência de gargalos operacionais impedem que a melhoria se consolide de forma plena e que a redução de custos seja percebida de maneira consistente.

continua

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
10	4	A estrutura tecnológica e de processos tem potencial para gerar vantagem competitiva, mas a manutenção insuficiente e a operação instável limitam a sustentabilidade desses ganhos no longo prazo. O alicerce existe, mas precisa ser fortalecido.
11	2	Não há evidências de que as inovações implementadas no setor estejam efetivamente agregando diferenciação de produto no mercado. As melhorias realizadas são mais focadas em operação e manutenção, sem reflexos diretos perceptíveis na qualidade final como diferencial competitivo externo.
12	2	Não há iniciativas estruturadas voltadas para uso de novas tecnologias com o objetivo de acessar ou criar novos mercados. As ações atuais são voltadas à manutenção e operação para manter a produção atual, não à diversificação ou expansão de mercado.
13	4	A equipe possui conhecimento técnico e experiência prática para adotar melhorias, mas carece de treinamentos específicos e atualização contínua para absorver novas tecnologias e metodologias com mais agilidade e segurança.
14	3	Existem ações e projetos que, se consolidados, poderiam elevar o setor a um patamar de referência. No entanto, as falhas na consistência operacional e na manutenção das melhorias reduzem o impacto e dificultam a transformação em padrão de mercado.
15	4	Existe diretriz de qualidade alinhada à usina, mas não está totalmente desdobrada no dia a dia do setor de forma prática e visível, faltando padronização e reforço de aplicação.
16	4	Há metas ligadas à eficiência, brix e pureza, mas nem sempre essas metas são acompanhadas com indicadores claros e revisões estruturadas, o que enfraquece o controle.
17	3	Existem iniciativas e ações pontuais de melhoria, mas elas não formam um programa contínuo e sistemático que assegure evolução constante e mensurável.
18	3	Algumas verificações acontecem, mas não seguem uma rotina formal de auditoria interna com plano, frequência e retorno de ações corretivas estruturadas, o que limita o impacto.
19	4	Há definição de parâmetros como brix, pureza e temperatura, mas o planejamento para monitoramento e ajustes ainda não é completamente estruturado e formalizado, dependendo muito da experiência operacional.
20	4	As especificações existem e são conhecidas (por exemplo, brix e pureza do xarope), mas o acompanhamento e a atualização desses parâmetros poderiam ser mais sistemáticos e integrados aos objetivos estratégicos.
21	4	As análises ocorrem com frequência, mas nem sempre em tempo hábil para corrigir rapidamente desvios, principalmente em situações de variação súbita do processo.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
22	4	Quando há mudanças ou suspeita de não conformidade, análises adicionais são feitas, mas o processo não é totalmente formalizado e depende muito da iniciativa da equipe operacional.
23	3	Há auditorias, mas não com uma periodicidade e padronização formal que garanta a avaliação contínua e sistemática da qualidade dos produtos.
24	4	Existe previsão de ações corretivas, mas nem sempre há um plano preventivo e detalhado para evitar reincidência, ficando muito focado na resolução pontual do problema.
25	4	O setor possui critérios estabelecidos (como controle de brix, pureza, temperatura e níveis nos prés-evaporadores), mas o planejamento não é totalmente formalizado e integrado com todas as etapas do processo, o que gera dependência da experiência dos operadores.
26	4	As variáveis críticas (como eficiência térmica, taxa de incrustação, arraste de vapor vegetal, níveis de operação) são conhecidas, mas o monitoramento ainda é reativo e não totalmente preventivo, o que enfraquece o planejamento da qualidade.
27	3	Há integração parcial por exemplo, os prés-evaporadores ajustando a vazão conforme os evaporadores, mas depende muito de ajustes manuais e comunicação entre operadores, sem um sistema plenamente estruturado que garanta a integração automática e preventiva entre todas as etapas
28	4	Os objetivos de qualidade (brix, pureza, eficiência energética) estão em consonância com as metas estratégicas da usina, mas a execução ainda sofre desvios operacionais que dificultam a plena convergência entre planejamento e resultado.
29	3	Os controles são realizados, mas nem sempre no tempo adequado para corrigir os desvios antes que gerem impacto no processo. Isso torna a prática instável e com eficácia parcial.
30	4	Há definição dos pontos críticos de controle, como prés-evaporadores, balanço de brix e pureza, mas a especificação formal ainda não é detalhada o suficiente para garantir padronização e consistência em todas as situações.
31	4	Existem critérios gerais (ex.: desvios em brix, pureza, arraste de vapor), mas não estão formalizados em um sistema padronizado de resposta, o que torna as ações corretivas/preventivas mais reativas do que preventivas.
32	3	A documentação existe, mas não está totalmente organizada nem facilmente acessível a todos os operadores, criando lacunas de comunicação e execução.
33	3	Embora exista previsão de recursos, as restrições de mão de obra e tempo de manutenção na entressafra mostram que o planejamento não considera plenamente os limites reais. Isso compromete a execução.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
34	3	Há práticas de ajuste (como redução manual de vazão em prés ou ajustes de pressão de vapor), mas não há protocolos formais e padronizados, ficando a cargo da experiência e decisão dos operadores no momento da ocorrência.
35	3	Existem instrumentos e sistemas que coletam e registram dados (como brix, pressão, temperatura e vazão), mas a integração e a disseminação ainda não são totalmente eficientes. Muitos controles dependem de relatórios manuais ou ajustes locais, o que reduz a agilidade.,
36	4	Os instrumentos são, em geral, adequados e confiáveis, porém sofrem com calibração insuficiente e desgaste natural, o que compromete a precisão em alguns momentos. A confiabilidade existe, mas precisa ser reforçada por manutenção metrológica periódica.
37	3	O setor dispõe dos instrumentos necessários para o controle de processo, mas há momentos de indisponibilidade por falta de manutenção ou substituição de peças. Essa limitação afeta a continuidade das medições e pode comprometer o acompanhamento em tempo real.
38	4	Existem procedimentos operacionais e orientações de calibração, mas nem sempre estão padronizados ou seguidos à risca. Isso faz com que haja variações na execução entre diferentes operadores.
39	3	Os registros são feitos, mas nem sempre estão atualizados ou organizados de forma acessível para todos os envolvidos. Isso pode gerar dificuldade de rastreabilidade.
40	4	Os instrumentos passam por verificações regulares e atendem à precisão necessária para as medições. Entretanto, a periodicidade das aferições poderia ser ajustada para períodos mais curtos, garantindo maior confiabilidade durante os picos operacionais.
41	4	Os métodos seguem padrões aceitos (uso de refratômetros, condutivímetros, análises de pureza), mas a aplicação prática pode ser afetada pela falta de revisão constante e pela dependência de análises manuais, reduzindo a precisão e a agilidade.
42	4	Os dados coletados são analisados e utilizados para ajustes de processo, mas ainda de forma manual e reativa. A ausência de automação no tratamento das informações reduz a velocidade das correções e a eficiência das decisões operacionais.
43	3	Os instrumentos são preservados, mas as condições de armazenamento e manutenção preventiva não são sempre ideais, o que pode comprometer a vida útil e a confiabilidade de alguns deles.
44	4	Os resultados são utilizados para identificar problemas (como arraste de vapor, perda de pureza, variações de brix), mas a aplicação prática nem sempre gera correções rápidas e preventivas, ficando mais focada na correção após o desvio já ter impacto.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
45	3	Há iniciativas de troca de conhecimento e reuniões de alinhamento, mas não há um programa estruturado e contínuo de participação. A colaboração ocorre mais por iniciativa individual do que por incentivo formal da gestão.
46	4	Os colaboradores recebem treinamentos periódicos sobre operação e qualidade, mas a frequência e a atualização desses treinamentos ainda não são suficientes para manter todos alinhados às melhores práticas de mercado.
47	3	Existe rotatividade informal (aprendizado no posto e apoio de colegas mais experientes), mas não há um programa estruturado de integração e desenvolvimento de novos operadores, o que gera dependência de experiências práticas sem padronização.
48	3	Há treinamentos, mas não seguem uma rotina contínua e estruturada. Muitas vezes acontecem apenas em períodos específicos (como início de safra ou quando surge uma nova demanda), e não de forma regular ao longo do ano.
49	2	As promoções acontecem, mas não há um programa transparente com critérios claros e objetivos. Isso faz com que as oportunidades de crescimento dependam mais de decisões gerenciais do que de métricas padronizadas de desempenho.
50	3	Existem avaliações de desempenho, mas os indicadores não são totalmente claros, mensuráveis e consistentes para todos. Muitas vezes, a avaliação é mais subjetiva, baseada em observações diretas, do que em metas objetivas e padronizadas.
51	4	Os colaboradores entendem a importância do controle de qualidade (brix, pureza, eficiência energética), mas o nível de conhecimento varia entre operadores e não está totalmente nivelado por treinamentos estruturados.
52	3	Há orientação prática, mas ela depende mais da experiência dos colegas e supervisores do que de um programa formal padronizado, o que pode gerar lacunas na aprendizagem de novos operadores.
53	3	As diretrizes são repassadas, mas a comunicação não é sempre clara ou uniforme, e muitas vezes chega de forma fragmentada, o que reduz a eficiência da aplicação prática.
54	3	Algumas avaliações acontecem (como observações práticas ou feedback direto), mas não há um processo sistemático de avaliação de conhecimento para identificar lacunas e planejar treinamentos direcionados.
55	4	Os colaboradores conhecem os principais parâmetros (brix, pureza, níveis de operação, pressão do vapor), mas o entendimento ainda é mais prático do que técnico-científico. Isso gera diferenças no nível de conhecimento entre operadores mais experientes e os mais novos.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
56	3	Os controles existem e são aplicados, mas nem sempre são seguidos de forma padronizada. Muitas vezes dependem de ajustes manuais e da interpretação individual do operador, o que pode gerar variações.
57	3	O setor tem diretrizes gerais para as etapas do processo, mas não há um plano formal e detalhado para cada fase. Isso limita a consistência do acompanhamento e a rastreabilidade de falhas.
58	3	Existem instrumentos e condições para o controle, mas alguns recursos são limitados ou carecem de atualização/manutenção, o que impacta a confiabilidade no dia a dia.
59	3	Há planos de controle, mas nem sempre são revisados com a frequência necessária. Em muitos casos, permanecem iguais de uma safra para outra, mesmo diante de novas condições operacionais.
60	4	Existem índices estabelecidos (ex.: brix, pureza, taxa global, consumo específico de vapor), mas nem sempre os resultados são analisados em profundidade ou convertidos em ações de melhoria contínua.
61	4	Os procedimentos existem, mas não estão completamente formalizados e padronizados em todas as etapas, o que deixa espaço para inconsistências na execução.
62	3	As inspeções são feitas, mas nem sempre a identificação do status em cada etapa é clara ou registrada de forma padronizada, o que pode gerar falhas na rastreabilidade.
63	4	Os desvios (como variação de brix, arraste de vapor vegetal, queda de pureza) são identificados, mas nem sempre de forma antecipada e preventiva, muitas vezes só quando já impactaram a produção.
64	3	As ações corretivas são aplicadas, mas dependem de ajustes manuais e da disponibilidade de recursos, o que pode atrasar a resposta e comprometer a eficácia imediata.
65	2	Não há uso estruturado de CEP ou ferramentas estatísticas avançadas para monitoramento contínuo. O acompanhamento é mais baseado em medições operacionais e observações práticas, sem análise estatística aprofundada.
66	3	Há monitoramento, mas não é totalmente contínuo nem automatizado. Em alguns pontos críticos, os controles dependem de intervenção manual e registros pontuais, o que reduz a confiabilidade do acompanhamento.
67	4	A infraestrutura é adequada em termos de projeto e capacidade instalada, mas a condição atual (incrustações, limitações de vazão, desgaste de alguns equipamentos) compromete a plena garantia da qualidade do processo.
68	3	As necessidades de manutenção são identificadas (há inspeções e registros), mas nem sempre atendidas de forma tempestiva e regular, devido à limitação de recursos, tempo de entressafra e prioridades operacionais.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
69	4	Os instrumentos de medição são padronizados e calibrados, mas nem sempre com a frequência ideal e sofrem com limitações de manutenção preventiva, o que pode comprometer a confiabilidade em longo prazo.
70	3	Os dados são coletados e analisados, porém a sistematização e o arquivamento não são totalmente eficientes. Muitas vezes a análise é pontual, dificultando o uso consistente para melhorias contínuas.
71	3	Algumas auditorias acontecem, mas não de forma periódica e padronizada, o que compromete a confiabilidade do acompanhamento e a constância da conformidade.
72	4	Existem indicadores (brix, pureza, taxa global, consumo de vapor), mas a avaliação nem sempre é sistemática e conectada a planos de ação contínuos, ficando restrita a relatórios de desempenho.
73	3	Há avaliações informais e feedbacks, mas não existe um programa estruturado que conecte desempenho individual a melhorias contínuas no processo.
74	4	As medições são feitas e seguem especificações básicas, mas há falhas na padronização da frequência e na rastreabilidade dos resultados.
75	3	O monitoramento existe, mas não é totalmente contínuo ou integrado. Depende de análises pontuais e ajustes manuais.
76	3	Há critérios definidos, mas a revisão não ocorre com frequência adequada, o que pode gerar descompasso entre exigências operacionais e parâmetros utilizados.
77	4	Sim, análises laboratoriais são feitas, mas nem sempre em tempo hábil para atuar preventivamente, ficando mais corretivas.,
78	4	Os registros existem, mas a utilização prática para gerar melhorias contínuas ainda é limitada.
79	3	As ações corretivas são aplicadas, mas a eficácia varia de acordo com o tempo de resposta e disponibilidade de recursos.
80	4	Os índices são calculados (brix, pureza, condutividade), mas nem sempre são acompanhados em análises comparativas para prever tendências.
81	4	O armazenamento é adequado, mas há risco de variações em temperatura, contaminação ou tempo de retenção que afetam a padronização.
82	3	Algumas auditorias ocorrem, mas sem periodicidade definida e metodologia formalizada, o que reduz a eficácia.
83	4	As não conformidades são comunicadas, mas a rapidez e clareza dessa comunicação poderiam ser mais estruturadas.
84	3	A análise de dados é feita, mas não há uso consistente de ferramentas estatísticas para identificar tendências e causas profundas de variabilidade.

Quadro 3 - continuação

Questão	nota	Justificativa
85	4	Os dados coletados em campo são confiáveis e coerentes com as condições do processo. No entanto, falta uma rotina de análise comparativa entre períodos, o que ajudaria a identificar variações e oportunidades de melhoria contínua.
86	3	A tabulação é feita, mas nem sempre organizada de maneira uniforme e sistemática, o que dificulta a análise comparativa ao longo do tempo.
87	2	Não há rotina formal de controle da qualidade dos materiais adquiridos. As verificações ocorrem apenas de forma pontual, e o foco principal do setor está no acompanhamento do processo interno.
88	4	Relatórios existem (sobre brix, pureza, rendimento, consumo de vapor), mas não são detalhados em todas as etapas e carecem de análises aprofundadas.
89	4	As perdas são registradas, mas nem sempre analisadas em profundidade para identificar causas-raiz e propor melhorias preventivas.
90	3	Há auditorias, mas sem rotina formalizada de frequência e abrangência, o que compromete a constância do controle.
91	3	Algumas verificações de produto são feitas, mas não há programa formal de auditorias periódicas estruturadas.
92	3	Reclamações podem ser registradas, mas o uso delas para retroalimentar melhorias ainda é pouco sistemático.,
93	3	Estudos pontuais ocorrem (ex.: sobre incrustações, perdas energéticas), mas não seguem uma rotina formal de pesquisa aplicada à qualidade.
94	2	Não há acompanhamento formal de custos da qualidade no setor de evaporação; o monitoramento financeiro é mais voltado à produção geral.
95	3	Já houve discussões e iniciativas pontuais, mas não há uma política definida para informatizar todo o sistema de qualidade.
96	2	O sistema de informação da qualidade é pouco auditado quanto à sua eficiência real.
ESPECIALISTA B		
Questão	Nota	Justificativa
1	5	O setor conta com equipamentos modernos e boas práticas operacionais que favorecem uma eficiência energética compatível com os padrões de referência da indústria. Ainda que existam pontos pontuais de atenção, como a manutenção preventiva mais sistemática, no geral o desempenho energético é sólido e bem alinhado com os benchmarks atuais.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
2	4	Os equipamentos instalados como evaporadores de múltiplos efeitos e materiais resistentes à corrosão estão em linha com o que há de mais comum no mercado. No entanto, a ausência de algumas atualizações tecnológicas e o uso limitado de automação reduzem a aderência completa às melhores práticas disponíveis.
3	3	Embora o setor disponha de uma estrutura compatível com a média do mercado, gargalos como perdas térmicas, operação pouco automatizada e incidência de incrustações limitam o desempenho. Ainda não se atinge um patamar equivalente às usinas mais competitivas.
4	3	Apesar da base tecnológica ser funcional, falhas recorrentes de manutenção e ajustes manuais constantes ainda provocam atrasos operacionais e perdas por arraste ou baixa taxa de evaporação. O sistema responde bem em situações ideais, mas é sensível a variações e falhas.
5	3	Existe uma contribuição parcial. Quando o setor opera com estabilidade, os ganhos em eficiência térmica ajudam a reduzir o consumo de vapor e, conseqüentemente, os custos. No entanto, oscilações operacionais e gargalos reduzem esse impacto ao longo do tempo.
6	3	Embora existam rotinas definidas e uma equipe experiente, a dependência de ajustes manuais e a ocorrência de perdas por incrustações e condensado não aproveitado indicam que há espaço relevante para otimização das práticas atuais.
7	4	A qualidade do xarope entregue às etapas seguintes geralmente atende aos parâmetros de brix e pureza exigidos. Porém, variações na eficiência térmica e eventuais instabilidades operacionais podem afetar a consistência do padrão.
8	3	Há um alinhamento conceitual entre o que o setor busca entregar e os objetivos estratégicos da usina. No entanto, esse alinhamento nem sempre se traduz em ações estruturadas ou indicadores claros acompanhados sistematicamente.
9	2	Algumas mudanças trouxeram efeitos positivos pontuais, mas faltou continuidade e planejamento mais estruturado. As ações não foram suficientes para gerar uma redução significativa e sustentada nos custos ou elevar a produtividade de forma clara.
10	4	A base tecnológica e o conhecimento técnico da equipe são adequados e oferecem potencial competitivo. Contudo, para manter vantagem no longo prazo, é necessário investir em automação, manutenção preditiva e formação contínua da equipe.
11	2	As melhorias implementadas até o momento estão muito mais voltadas para manter a operação funcionando do que para gerar diferenciais de mercado.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
12	2	Não há iniciativas concretas que indiquem movimentação do setor em direção a novos mercados ou soluções tecnológicas para diversificação. O foco segue restrito à manutenção da operação atual.
13	4	A equipe demonstra conhecimento técnico e grande familiaridade com os equipamentos, mas ainda carece de oportunidades mais frequentes de capacitação voltada à adoção de novas tecnologias e metodologias.
14	3	Existem ações que poderiam projetar o setor para uma posição de referência, mas a falta de continuidade e padronização nas melhorias enfraquece o potencial de destaque frente ao mercado.
15	4	A política de qualidade está definida no papel e norteia algumas decisões, mas sua aplicação prática ainda precisa ser reforçada na rotina operacional do setor.
16	4	Há objetivos de qualidade estabelecidos, especialmente voltados para brix e pureza, mas eles nem sempre são acompanhados de forma estruturada por indicadores específicos.
17	3	A melhoria contínua existe mais na forma de ações pontuais do que como um programa sistemático. Falta estrutura para garantir evolução permanente.
18	3	Algumas auditorias ocorrem, mas sem um plano fixo de frequência e escopo. Isso limita o efeito prático das verificações na rotina operacional.
19	4	Os parâmetros estão bem definidos, mas o planejamento ainda depende muito da experiência da equipe para ajustes operacionais e reações a desvios.
20	4	As especificações de qualidade são conhecidas e normalmente respeitadas, mas ainda carecem de maior integração ao controle estratégico e às ações de melhoria.
21	4	As análises são feitas com frequência adequada, mas ainda há casos em que os resultados não chegam a tempo de permitir uma ação corretiva antes do impacto no processo.
22	4	O setor costuma realizar análises adicionais sempre que há sinais de problema, mas ainda depende muito da iniciativa dos operadores e não de um protocolo formal.
23	3	As auditorias de qualidade do produto acontecem, mas sem uma rotina fixa ou padronização clara. Isso limita a consistência na avaliação do desempenho.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
24	4	As ações corretivas são previstas, mas o foco ainda está mais na resposta imediata do que na prevenção de reincidência, faltando um plano estruturado.
25	4	Há critérios bem estabelecidos para controle de qualidade, como brix, pureza e temperatura. Entretanto, o planejamento não é totalmente integrado com todas as etapas do processo.
26	4	As variáveis críticas são conhecidas, mas o monitoramento é mais reativo do que preventivo. Faltam sistemas que antecipem desvios de forma automatizada.
27	3	A integração entre etapas existe em partes, como no ajuste de vazão entre pré-evaporadores e evaporadores, mas depende demais da atuação manual dos operadores.
28	4	Os objetivos do processo estão alinhados às metas da usina, mas a execução operacional sofre desvios que dificultam o alcance pleno desses objetivos.
29	3	O controle é feito, mas nem sempre no tempo necessário para corrigir desvios antes que impactem o processo. Isso limita a eficácia da ação corretiva.
30	4	Os pontos de inspeção estão bem definidos, mas a formalização das especificações ainda precisa ser aprimorada para garantir uniformidade nas ações.
31	4	Os critérios existem, mas ainda são executados de forma mais corretiva do que preventiva. Há espaço para antecipar ações com base em dados históricos.
32	3	A documentação está presente, mas dispersa e de difícil acesso. Isso gera lacunas de comunicação e execução entre as equipes.
33	3	O plano considera recursos, mas há limitações na prática — principalmente no que diz respeito à mão de obra e tempo para manutenção adequada durante a entressafra.
34	3	Os ajustes são feitos com base na experiência dos operadores, mas faltam protocolos padronizados que orientem o que fazer em caso de mudanças inesperadas.
35	3	Os sistemas de coleta e análise de dados existem, mas ainda dependem muito de preenchimento manual e integração limitada, dificultando a disseminação eficiente da informação.
36	4	Os instrumentos são adequados e geralmente confiáveis, mas a calibração nem sempre está em dia. Isso pode comprometer a precisão em momentos críticos.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
37	3	O setor dispõe dos instrumentos necessários, mas não há um planejamento claro para garantir sua disponibilidade contínua, o que gera lacunas pontuais nas análises.
38	4	Existem procedimentos para calibração e operação dos instrumentos, mas nem todos os operadores seguem os padrões definidos com regularidade.
39	3	Os registros são feitos, mas não estão organizados de forma que facilite o acesso e a rastreabilidade. Isso prejudica o controle a longo prazo.
40	4	A aferição periódica dos instrumentos é feita, mas poderia ser mais rigorosa. Em alguns casos, o processo depende da solicitação da equipe e não de um calendário fixo.
41	4	Os métodos adotados para coleta e análise são compatíveis com o esperado, mas ainda sofrem influência da variação entre turnos e da dependência de análises manuais.
42	4	Os dados provenientes dos instrumentos são analisados de forma funcional e contribuem para ajustes no processo, ainda que de maneira não totalmente sistemática.
43	3	Os instrumentos são preservados, mas nem sempre armazenados em condições ideais, o que pode afetar a durabilidade e precisão com o tempo.
44	4	Os resultados das análises são usados para corrigir desvios, mas com foco ainda reativo. A utilização poderia ser mais preventiva se integrada a indicadores.
45	3	Existem iniciativas pontuais de envolvimento dos operadores, mas faltam programas estruturados que incentivem a colaboração de forma contínua e formalizada.
46	4	O treinamento é oferecido e contempla fundamentos da qualidade, porém a frequência e atualização dos conteúdos ainda não são ideais para manter a equipe alinhada.
47	3	A integração de novos colaboradores é feita na prática, com apoio de colegas mais experientes, mas não há um programa padronizado de treinamento inicial.
48	3	Treinamentos ocorrem, geralmente no início da safra ou diante de novas demandas. No entanto, não há uma rotina contínua de capacitação.
49	2	As promoções acontecem, mas os critérios utilizados não são totalmente claros ou baseados em metas objetivas, o que gera percepção de subjetividade.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
50	3	A avaliação de desempenho é realizada, mas ainda carece de indicadores padronizados. Boa parte do processo é subjetiva e baseada na observação direta.
51	4	Os operadores entendem a importância dos controles de qualidade, mas há diferenças no grau de conhecimento técnico entre eles, o que pede reforço na capacitação.
52	3	As técnicas são repassadas no dia a dia de forma prática, mas faltam materiais padronizados e momentos formais de ensino, o que deixa lacunas na aprendizagem.
53	3	As diretrizes são comunicadas, mas de forma informal e nem sempre uniforme entre os turnos. Isso gera ruído e dificuldades de padronização.
54	3	Existem avaliações informais de conhecimento, mas falta um processo estruturado que identifique lacunas e oriente treinamentos específicos.
55	4	Os operadores conhecem bem os principais parâmetros operacionais, mas esse conhecimento é mais prático do que técnico-científico, o que pode limitar a análise crítica.
56	3	Os controles são executados, mas com variações entre operadores. Falta uma padronização mais forte para garantir uniformidade na aplicação dos procedimentos.
57	3	Há diretrizes para as etapas do processo, mas não existe um plano detalhado para cada fase. Isso dificulta o acompanhamento e identificação precisa de falhas.
58	3	Existem instrumentos adequados, mas alguns estão desatualizados ou com manutenção deficiente, o que compromete a confiabilidade em certas situações.
59	3	Os planos de controle existem, mas nem sempre são atualizados conforme as mudanças do processo. Há tendência de repetir os mesmos procedimentos a cada safra.
60	4	O setor trabalha com índices bem definidos como brix, pureza e consumo de vapor, mas ainda há espaço para melhorar a análise crítica desses resultados.
61	4	Os procedimentos de manuseio e armazenamento são respeitados, embora não estejam documentados com tanto rigor. Na prática, a equipe tem domínio dessas etapas.
62	3	As inspeções são realizadas, mas a identificação clara do status dos itens nem sempre é visível ou padronizada entre os turnos.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
63	4	Os desvios são percebidos e corrigidos, mas na maioria das vezes a detecção ocorre após o impacto, o que limita a ação preventiva.
64	3	As ações corretivas são aplicadas, mas muitas vezes de forma manual e com atraso, devido à falta de recursos imediatos ou necessidade de autorização.
65	2	Não há uso estruturado de ferramentas estatísticas no setor. As decisões são tomadas com base em registros operacionais e percepções da equipe.
66	3	Alguns pontos do processo são monitorados continuamente, mas muitos controles ainda dependem de registros manuais e ações pontuais.
67	4	A estrutura física do setor é boa e permite um controle adequado do processo, embora alguns equipamentos necessitem de atualização e manutenção corretiva.
68	3	As necessidades de manutenção são reconhecidas, mas nem sempre atendidas com a agilidade necessária por conta da limitação de pessoal ou insumos.
69	4	Os instrumentos são calibrados e seguem padrões de uso, mas em alguns casos a frequência de calibração poderia ser mais rigorosa para evitar desvios.
70	3	Os dados são coletados, mas a análise ainda é pouco sistemática e os registros não são bem-organizados para consulta e comparações futuras.
71	3	Algumas auditorias são feitas, mas sem periodicidade definida ou plano formal, o que dificulta o acompanhamento da conformidade ao longo do tempo.
72	4	O desempenho do controle de processo é monitorado com indicadores, mas falta vincular esses resultados diretamente aos planos de ação.
73	3	Há avaliações informais da equipe, mas sem conexão estruturada com os resultados do processo. Falta um elo entre desempenho individual e melhoria contínua.
74	4	Os parâmetros de qualidade são analisados com base em padrões definidos, mas a rastreabilidade ainda pode ser melhorada.
75	3	O monitoramento da conformidade acontece, mas de forma parcial e com pouca integração entre etapas do processo.
76	3	Os critérios são definidos, mas a revisão ocorre com pouca frequência e muitas vezes só após alguma falha no processo.
77	4	As análises laboratoriais são realizadas conforme os padrões de qualidade, mas nem sempre são aproveitadas ao máximo na tomada de decisões.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
78	4	Os registros das análises são feitos, mas sua utilização ainda é mais documental do que estratégica para impulsionar melhorias contínuas.
79	3	Ações corretivas são aplicadas em caso de desvios, mas sua eficácia varia conforme o tempo de resposta e o nível de envolvimento da equipe.
80	4	Os índices são calculados regularmente, mas ainda faltam análises comparativas para prever tendências e antecipar desvios.
81	4	O armazenamento do produto atende aos requisitos básicos, mas poderia haver maior controle de temperatura e tempo de retenção.
82	3	As auditorias acontecem de forma pontual, mas sem um plano fixo ou metodologia estruturada, o que enfraquece os resultados.
83	4	As não conformidades são comunicadas, mas a velocidade e clareza na comunicação ainda dependem muito da proatividade dos envolvidos.
84	3	Os dados são analisados, mas não se utilizam ferramentas estatísticas para detectar padrões e causas profundas de variações.
85	4	A coleta e análise de dados do processo são realizadas com base em procedimentos definidos, embora haja espaço para maior detalhamento nas interpretações.
86	3	Os dados são tabulados, mas nem sempre de forma organizada, o que dificulta comparações históricas e análises aprofundadas.
87	2	A avaliação de materiais não segue um padrão estruturado. As verificações acontecem eventualmente, sob demanda, e ficam sob responsabilidade do setor de suprimentos, sem integração direta com a gestão da qualidade da evaporação.
88	4	Relatórios de processo são emitidos, especialmente sobre rendimento e consumo de vapor, mas poderiam ser mais analíticos e menos descritivos.
89	4	As perdas são registradas com frequência, mas ainda faltam análises mais profundas para identificar causas raiz e propor ações preventivas.
90	3	Atualmente, o setor não realiza auditorias de processo. As checagens existentes são observações pontuais e sem cronograma, voltadas apenas à resolução imediata de falhas operacionais.
91	3	Auditorias de produto são realizadas esporadicamente e não seguem uma estrutura contínua de verificação.
92	3	As reclamações são registradas, mas sua utilização como insumo para melhoria do processo ainda é limitada.

Quadro 3 - continuação

Questão	Nota	Justificativa
93	3	Alguns estudos específicos são feitos sobre pontos críticos como incrustações e perdas térmicas, mas não fazem parte de uma rotina formal de pesquisa.
94	2	Não há acompanhamento detalhado dos custos da qualidade. As análises financeiras são focadas na produção e nos custos gerais.
95	3	Existem discussões sobre informatização dos dados da qualidade, mas nada consolidado até o momento.
96	2	O sistema de informações da qualidade não passa por revisões regulares, o que compromete sua confiabilidade ao longo do tempo.
Especialista C		
Questões	Nota	Justificativa
1	4	O setor tem buscado acompanhar os benchmarks, especialmente em relação ao consumo de vapor. Ainda há pontos a melhorar, mas a direção está correta.
2	3	Apesar de contar com equipamentos relativamente modernos, algumas práticas operacionais ainda não estão alinhadas às melhores referências do mercado.
3	3	Há avanços, mas o desempenho geral ainda não se equipara ao de usinas referência. É necessário consolidar melhorias para atingir esse nível.
4	4	As práticas atuais ajudam a evitar falhas operacionais, embora alguns gargalos ainda surjam em momentos de pico de produção.
5	5	A eficiência do setor contribui diretamente para o consumo específico de vapor e, por consequência, reduz os custos gerais da usina.
6	4	A operação está bem ajustada, com foco em produtividade e controle de perdas. Há potencial de ganho adicional com pequenos ajustes.
7	5	O setor influencia diretamente a qualidade do xarope e da massa, o que impacta no produto final. A gestão da evaporação é um ponto forte.
8	3	Ainda falta uma vinculação mais clara entre os indicadores do setor e os objetivos estratégicos definidos pela diretoria.
9	2	Apesar de algumas melhorias, os resultados em termos de custo e produtividade ainda não se mostram significativos ou consistentes.
10	4	A estrutura é robusta e bem composta, mas a consolidação de uma vantagem competitiva depende da continuidade dos investimentos e da capacitação da equipe.
11	3	Embora algumas iniciativas tecnológicas tenham sido implementadas, ainda não se percebe uma diferenciação clara dos produtos da usina frente à concorrência.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
12	4	O setor tem buscado novidades, como melhorias no sistema de limpeza e automação, mas a adoção ainda é gradual.
13	5	A equipe demonstra forte preparo técnico e costuma participar ativamente da implementação de novos sistemas e ajustes de processo.
14	4	As práticas adotadas têm caminhado para consolidar a usina como referência, mas ainda há pontos de melhoria quanto à padronização de resultados.
15	2	Existe uma diretriz geral de qualidade, mas ela não está claramente definida nem difundida entre todos do setor.
16	3	Há objetivos definidos, porém nem todos os colaboradores têm conhecimento ou clareza sobre como suas atividades contribuem para esses objetivos.
17	3	Existem ações de melhoria pontuais, mas falta um plano contínuo bem estruturado que mantenha o ciclo de aperfeiçoamento ativo.
18	2	As auditorias são raras e, quando ocorrem, não são aprofundadas. Isso compromete a identificação de falhas sistêmicas.
19	4	O setor realiza um planejamento técnico com base em parâmetros específicos de qualidade, ainda que nem sempre atualizado.
20	5	As especificações são claras, padronizadas e geralmente seguidas à risca durante o processo de produção.
21	4	As análises são feitas regularmente, com frequência satisfatória para detectar desvios relevantes. Contudo, em alguns momentos, a agilidade na resposta pode ser comprometida por limitações operacionais.
22	5	Sempre que há alterações no processo ou sinais de anomalias, análises complementares são acionadas de forma eficiente, ajudando a manter o padrão de qualidade do produto.
23	3	Embora exista uma intenção de auditar a qualidade do produto, o plano não está plenamente estruturado nem é executado com regularidade, o que reduz sua efetividade.
24	4	As ações para tratar não conformidades estão previstas e são aplicadas, mas ainda há espaço para sistematização e maior rigor na análise das causas.
25	5	O planejamento de controle de qualidade é bem definido e contempla critérios técnicos relevantes, o que proporciona estabilidade ao processo.
26	4	As características críticas são conhecidas, mas nem sempre estão formalizadas de maneira clara nos documentos de planejamento. Ainda assim, são levadas em consideração na prática.
27	4	Há um esforço notável para integrar as etapas, o que reduz falhas. No entanto, ajustes na comunicação entre os setores ainda podem melhorar essa integração.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
28	5	Os objetivos de qualidade definidos para o processo refletem diretamente as metas estratégicas da empresa, o que fortalece o alinhamento institucional.
29	3	A frequência dos controles é definida, mas nem sempre atende à velocidade das variações operacionais, o que limita sua eficácia em tempo real.
30	5	Os momentos críticos do processo estão claramente mapeados e recebem atenção especial, com inspeções e ajustes previamente definidos.
31	4	A equipe já tem critérios estabelecidos para identificar a necessidade de ações corretivas, embora na prática ainda ocorram algumas falhas pontuais na execução dessas ações.
32	5	Todo o planejamento do processo está documentado e acessível para a equipe, o que facilita a consulta e padroniza as ações no dia a dia.
33	4	Os recursos geralmente estão disponíveis, mas em algumas situações mais críticas sentimos falta de apoio técnico imediato ou de orçamento para pequenas melhorias.
34	3	Existem protocolos formais, mas nem sempre são seguidos com rigor quando há mudanças inesperadas. Ainda há margem para aprimorar a resposta rápida.
35	4	Os equipamentos foram planejados para as necessidades do setor, mas há oportunidade de melhorar a integração entre eles para otimizar os dados gerados.
36	5	Os instrumentos utilizados são confiáveis e bem mantidos, com registros atualizados de calibração que garantem sua precisão.
37	4	Os equipamentos estão disponíveis, mas nem sempre conseguimos acessar todos de forma imediata durante os picos de operação.
38	5	Existe um procedimento claro e bem estruturado para operação e calibração, seguido com regularidade pela equipe responsável.
39	4	Os registros são mantidos com frequência, mas poderiam ser melhor organizados para facilitar auditorias ou revisões internas.
40	4	A aferição é feita periodicamente, mas em alguns casos específicos sentimos necessidade de reduzir o intervalo entre verificações.
41	4	Os métodos usados para coleta e análise são funcionais e seguem os padrões do setor, apesar de haver espaço para maior automatização.
42	4	A análise de dados é realizada com boa frequência, auxiliando o controle do processo, mas ainda falta um sistema que gere alertas automáticos.
43	3	Os instrumentos são armazenados adequadamente, mas não há controle formal das condições, o que pode impactar a longevidade dos equipamentos.
44	5	Os dados das análises são bem utilizados e permitem uma resposta rápida a desvios detectados no processo.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
45	4	Há iniciativas de integração entre operadores, mas elas ainda dependem de iniciativas individuais. Um programa estruturado seria benéfico.
46	5	O treinamento em controle de qualidade é sólido e frequente, garantindo boa compreensão das variáveis envolvidas no processo.
47	3	A rotação de pessoal existe, mas não há um programa robusto de integração e capacitação para os novos colaboradores.
48	4	O treinamento contínuo é oferecido, mas sua frequência poderia ser aumentada para acompanhar as inovações tecnológicas.
49	2	Faltam critérios bem definidos para promoções, o que acaba desmotivando alguns colaboradores.
50	4	O desempenho é avaliado com certa periodicidade, utilizando indicadores básicos, mas falta profundidade nas análises.
51	4	Os operadores entendem os pontos-chave do processo de evaporação e sabem quais variáveis precisam ser acompanhadas com mais atenção, o que contribui para uma atuação mais eficaz nas rotinas operacionais.
52	3	Apesar de haver um esforço para seguir os controles, ainda existem desvios que ocorrem por falta de padronização nas trocas de turno e interpretações diferentes entre operadores mais antigos e novatos.
53	4	Os controles estão bem distribuídos ao longo do processo, mas ainda há espaço para incluir algumas rotinas mais específicas para etapas críticas que atualmente são monitoradas apenas por experiência prática.
54	5	Os meios disponíveis como instrumentos de medição e recursos técnicos são suficientes para que a equipe execute suas tarefas de controle com segurança e eficiência.
55	3	Existe atualização, mas nem sempre ela acompanha as mudanças operacionais com agilidade. Algumas fichas de controle ainda refletem práticas anteriores.
56	4	Há métricas claras para avaliar o desempenho, como rendimento de evaporação e consumo específico de vapor. Esses dados são analisados rotineiramente.
57	4	As rotinas de manuseio e expedição são bem definidas, o que ajuda a manter a integridade do produto. Contudo, há momentos de sobrecarga em que algumas etapas não são cumpridas com rigor.
58	2	Ainda há deficiência na sinalização visual e nos registros manuais em algumas etapas. Isso dificulta a identificação rápida da situação de inspeção em andamento.
59	3	Existem controles que permitem identificar desvios, mas em alguns casos eles são detectados mais tardiamente, o que exige ações mais corretivas do que preventivas.
60	4	Quando os desvios são identificados a tempo, a resposta da equipe é rápida e eficaz, com foco em evitar reincidência do problema.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
61	4	Atualmente seguimos critérios bem definidos para o manuseio e armazenamento, minimizando riscos de contaminação ou perdas.
62	3	Em algumas etapas há falhas de identificação da situação de inspeção, o que pode gerar dúvidas operacionais pontuais.
63	4	A equipe tem agido de forma eficaz na identificação de desvios, embora alguns atrasos na comunicação ainda ocorram.
64	4	Ações corretivas são geralmente rápidas, mas em situações mais complexas o tempo de resposta ainda poderia ser melhorado.
65	2	Ainda não utilizamos CEP de maneira sistemática. Esse ponto precisa ser estruturado com mais clareza e rotina.
66	3	Há monitoramento dos processos especiais, mas nem sempre de maneira contínua. Algumas lacunas ainda existem.
67	5	As instalações do setor são adequadas, limpas e organizadas, o que favorece o controle e a manutenção da qualidade.
68	4	A manutenção é realizada com regularidade, mas há casos em que a demanda supera a capacidade de resposta imediata.
69	3	Existe padronização e calibração, mas a periodicidade poderia ser revista para garantir ainda mais precisão.
70	4	A coleta e análise de dados são feitas com consistência, embora o arquivamento precise de melhorias em digitalização.
71	5	Realizamos auditorias frequentes no processo de evaporação. Isso ajuda a identificar desvios rapidamente e manter a conformidade com os padrões exigidos.
72	4	Fazemos avaliações regulares do desempenho do controle de processo, mas ainda há espaço para melhorar o envolvimento dos operadores nessa análise.
73	4	A avaliação do desempenho do pessoal ocorre, mas de forma mais informal. Seria interessante formalizar esse acompanhamento com indicadores definidos.
74	5	Todos os parâmetros de qualidade do produto final são monitorados conforme as especificações, garantindo conformidade e estabilidade do produto.
75	3	O monitoramento é feito, mas nem sempre em tempo real. Isso pode dificultar a correção imediata de não conformidades nas etapas intermediárias.
76	4	Há revisão dos critérios de qualidade, porém ainda falta maior participação do setor de produção nessas definições.
77	5	As análises laboratoriais são feitas com frequência e os métodos são confiáveis, permitindo identificar qualquer desvio com precisão.
78	4	Os resultados são registrados e usados para ajustes no processo, mas poderíamos usar mais ferramentas analíticas para extração de tendências.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
79	5	As ações corretivas são aplicadas com agilidade sempre que detectamos qualquer não conformidade. A resposta do time tem sido eficiente.
80	3	Os índices de qualidade são calculados, mas nem sempre são discutidos com a equipe. Isso limita seu uso como ferramenta de gestão.
81	4	O setor mantém boas práticas no armazenamento do produto, com atenção às condições de temperatura e contaminação, mas ainda há espaço para melhorias na rastreabilidade e padronização de procedimentos.
82	5	Tanto auditorias internas quanto externas são realizadas periodicamente, garantindo a conformidade dos produtos com os padrões exigidos e promovendo uma cultura de melhoria contínua.
83	4	As não conformidades são comunicadas, mas em algumas situações falta agilidade no feedback entre os responsáveis pela operação e a equipe da qualidade.
84	4	A análise de dados é feita com frequência, mas poderia ser mais explorada para prever tendências e agir preventivamente antes que ocorra uma queda de qualidade perceptível.
85	3	Existem procedimentos básicos para coleta e análise de dados, mas a formalização e padronização desses processos ainda são limitadas, o que compromete a consistência dos resultados.
86	3	Os dados são tabulados, mas ainda de forma manual e com risco de perda de informações. Uma sistematização mais robusta ajudaria na tomada de decisão.
87	2	Não existe rotina formal de controle da qualidade dos materiais recebidos. A responsabilidade pelas verificações é dos suprimentos, e o setor de evaporação apenas comunica eventuais falhas quando identificadas durante a operação.
88	3	Embora existam relatórios sobre o processo de evaporação, eles são pontuais e nem sempre utilizados de forma estratégica pela gestão.
89	4	As perdas são registradas, mas a análise aprofundada das causas e a elaboração de planos de ação ainda são pouco sistemáticas.
90	5	Não há auditorias formais de processo. As análises ocorrem de maneira esporádica e sem método definido, o que limita a identificação de causas sistêmicas e o acompanhamento de melhorias contínuas.
91	4	As auditorias de produto são realizadas com boa frequência, o que permite identificar falhas e atuar preventivamente. Ainda assim, há oportunidades para ampliar a participação de áreas externas no processo, o que elevaria o grau de confiabilidade.
92	5	Há um canal estruturado para registrar reclamações e, mais importante, elas são analisadas e geram planos de ação consistentes. Esse retorno rápido tem sido essencial para ajustes finos no processo.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
93	3	Os estudos ocorrem, mas geralmente de forma pontual e sem sistematização. Falta um cronograma definido que garanta avaliações contínuas e abrangentes.
94	2	Ainda não há um controle detalhado dos custos da qualidade. Essa ausência limita a visão financeira dos impactos de falhas ou melhorias.
95	3	Algumas discussões sobre informatização já ocorreram, mas não foram levadas adiante. A iniciativa precisa sair do papel para reduzir a dependência de registros manuais.
96	2	O sistema atual ainda é pouco dinâmico. Embora funcione, não passa por revisões estruturadas, o que impede sua evolução conforme as necessidades do setor.
Especialista D		
Questões	Nota	Justificativa
1	4	O parque industrial é moderno e bem equipado, mas o rendimento fica aquém do possível pela falta de regularidade nas limpezas químicas e na manutenção preventiva. Há potencial para melhor desempenho, mas ele não é totalmente aproveitado por questões de rotina e prioridades operacionais.
2	3	Embora os equipamentos estejam dentro do padrão de mercado, a eficiência real é afetada por práticas operacionais irregulares e intervenções manuais frequentes. Falta uma integração mais automatizada entre os efeitos, o que reduziria perdas térmicas e garantiria melhor desempenho global.
3	3	O setor tem recursos tecnológicos adequados para competir com outras unidades do grupo, porém ainda enfrenta perdas por incrustação e variações de temperatura que limitam o aproveitamento energético. Com maior controle de variáveis e ações de manutenção sistemática, o desempenho poderia se aproximar dos melhores benchmarks.
4	4	A operação da evaporação contribui positivamente para reduzir o consumo de vapor, especialmente em períodos de estabilidade. Contudo, a dependência de ajustes manuais e o tempo de resposta às variações operacionais fazem com que os ganhos de eficiência não se mantenham constantes ao longo da safra.
5	4	Quando o sistema opera em equilíbrio térmico e com boa limpeza, a redução do consumo de vapor é perceptível e impacta diretamente nos custos globais. Porém, pequenas falhas acumuladas como incrustações ou atrasos em manutenções afetam gradualmente a performance, tornando o ganho menos sustentável.
6	3	O xarope normalmente atinge os padrões de pureza e brix esperados, mas oscilações na temperatura e na eficiência dos efeitos ainda geram variações perceptíveis entre lotes. Isso demonstra que a estabilidade operacional precisa ser aprimorada para garantir qualidade mais uniforme ao longo da safra.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
7	4	O processo de evaporação é fundamental para a qualidade do produto, e a equipe tem consciência disso. Há integração com as metas da usina, mas os resultados poderiam ser mais consistentes se houvesse maior controle sobre as perdas térmicas e acompanhamento mais próximo dos indicadores.
8	3	Existe alinhamento conceitual entre o setor e a estratégia corporativa voltada à eficiência e sustentabilidade. No entanto, essa conexão ainda é pouco tangível no dia a dia, pois os indicadores de processo nem sempre são traduzidos em metas operacionais claras para a equipe.
9	3	Algumas iniciativas pontuais trouxeram resultados positivos, mas a ausência de um plano contínuo de melhoria e de acompanhamento estruturado faz com que os ganhos se percam com o tempo. Há espaço para consolidar essas ações em um programa permanente de eficiência operacional.
10	4	O setor tem infraestrutura sólida e profissionais experientes, o que cria base para vantagem competitiva. Para sustentar essa condição no longo prazo, é essencial fortalecer a manutenção preditiva e incorporar análises de desempenho que orientem decisões de investimento e priorização de melhorias.
11	3	As inovações introduzidas até o momento se concentram em ajustes operacionais e melhorias pontuais no controle de processo, mas não geram diferenciação perceptível do produto no mercado. O foco está mais em estabilidade interna do que em inovação voltada à competitividade externa.
12	3	Há interesse em modernização, mas sem iniciativas concretas voltadas para novos mercados ou tecnologias disruptivas. As melhorias atuais ainda são de natureza corretiva ou de eficiência, não estratégica. Isso limita o potencial de expansão e diferenciação da usina frente à concorrência.
13	4	A equipe é tecnicamente competente e demonstra domínio sobre o processo, mas há carência de atualização constante em tecnologias emergentes e ferramentas de controle. Com treinamentos direcionados e maior acesso a capacitação técnica, o setor poderia evoluir rapidamente em maturidade tecnológica.
14	3	Existem boas práticas sendo desenvolvidas, especialmente na operação e limpeza dos equipamentos, mas a falta de continuidade e padronização reduz o impacto global. O potencial de se tornar referência depende de consolidar essas melhorias em rotinas estáveis e mensuráveis.
15	4	A política de qualidade da usina é conhecida e serve como diretriz, mas sua aplicação prática ainda não está totalmente incorporada à rotina do setor. A tradução dos princípios da qualidade em ações operacionais diárias ainda depende muito da liderança imediata e do engajamento individual.
16	4	Há metas definidas ligadas a eficiência térmica, consumo de vapor e qualidade do xarope. No entanto, o acompanhamento por meio de indicadores e reuniões de desempenho ainda poderia ser mais sistemático, garantindo maior clareza dos resultados frente aos objetivos estabelecidos.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
17	3	As ações de melhoria acontecem de forma pontual, geralmente em resposta a problemas identificados, mas ainda falta uma estrutura formal de melhoria contínua. A ausência de um ciclo fechado de planejamento, execução e verificação limita o aprendizado organizacional.
18	3	Auditorias internas são realizadas, mas de maneira irregular e sem um plano fixo de periodicidade. Isso faz com que algumas falhas reincidam antes que sejam detectadas, reduzindo a efetividade do controle e o aprendizado organizacional a partir dos resultados.
19	4	Os parâmetros de qualidade estão bem definidos e são amplamente conhecidos pelos operadores, mas o planejamento de monitoramento ainda é dependente da experiência prática. Um sistema mais automatizado e integrado traria maior precisão e previsibilidade ao controle do processo.
20	5	As especificações de qualidade, como brix e pureza, são claras e bem aplicadas, mas o processo de revisão e atualização dessas metas ainda é reativo. Tornar essa prática mais proativa e integrada ao planejamento estratégico garantiria maior coerência entre os resultados operacionais e os objetivos da empresa.
21	4	As análises de processo são realizadas com frequência adequada, mas nem sempre os resultados são disponibilizados em tempo hábil para ações imediatas. Melhorar o tempo de resposta e o compartilhamento dos dados aumentaria a eficiência do controle preventivo.
22	4	Quando há suspeita de anomalias, o setor costuma agir prontamente com análises complementares. Entretanto, essa prática ainda depende muito da iniciativa individual dos operadores, faltando um procedimento padronizado que garanta uniformidade de atuação em todos os turnos.
23	3	As auditorias de produto ocorrem, porém sem uma estrutura formal definida de periodicidade e abrangência. Essa falta de sistematização dificulta a comparação entre períodos e a identificação de tendências de não conformidade.
24	4	As ações corretivas são eficazes para solucionar falhas pontuais, mas ainda há carência de um plano de prevenção de reincidências. A cultura de análise de causa raiz está em desenvolvimento, e sua consolidação traria ganhos significativos de estabilidade operacional.
25	4	Os critérios de controle como brix, pureza, temperatura e níveis estão bem definidos, mas a integração entre as etapas do processo ainda não é total. Em alguns momentos, as decisões são tomadas isoladamente, sem conexão com o impacto global do sistema.
26	4	As variáveis críticas são monitoradas e conhecidas pela equipe, mas a abordagem é predominantemente reativa. A transição para um modelo preditivo, com base em indicadores e tendências, é o próximo passo para consolidar o planejamento da qualidade.
27	3	As variáveis críticas são monitoradas e conhecidas pela equipe, mas a abordagem é predominantemente reativa. A transição para um modelo preditivo, com base em indicadores e tendências, é o próximo passo para consolidar o planejamento da qualidade.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
28	4	Os objetivos do setor estão alinhados com as metas estratégicas da usina, principalmente em eficiência energética e produtividade. Porém, a execução sofre desvios pontuais por falhas operacionais e ajustes emergenciais, que afetam a consistência dos resultados.
29	3	Os controles são executados, mas nem sempre de forma tempestiva. Em alguns casos, o tempo entre a detecção do desvio e a aplicação da correção é longo, reduzindo o efeito das ações preventivas e aumentando o retrabalho.
30	4	Os pontos críticos do processo estão identificados e recebem atenção durante as inspeções. No entanto, ainda há necessidade de formalizar as especificações e consolidar um sistema de registros que permita rastrear com clareza cada intervenção realizada.
31	4	Os critérios de resposta a desvios estão definidos e são conhecidos pela equipe, mas a prática ainda é predominantemente corretiva. O uso de dados históricos e indicadores de tendência permitiria antecipar falhas e reduzir intervenções emergenciais.
32	3	A documentação dos procedimentos e controles existe, mas não é totalmente padronizada ou de fácil acesso. Em alguns casos, operadores precisam recorrer a informações verbais, o que aumenta o risco de interpretações diferentes entre turnos.
33	3	O planejamento considera a disponibilidade de recursos, mas muitas vezes esbarra em limitações de tempo na entressafra e na sobrecarga de equipes. A priorização mais detalhada das ações de manutenção e melhoria aumentaria a eficácia da execução.
34	3	Há orientações gerais sobre ajustes operacionais, mas faltam protocolos formalizados que orientem o comportamento em situações não previstas. A dependência da experiência do operador ainda é alta, o que reduz a padronização das respostas.
35	4	Os instrumentos e sistemas de coleta de dados são adequados e atendem às necessidades básicas do setor. No entanto, a integração entre sistemas ainda é limitada, dificultando o compartilhamento rápido de informações entre áreas correlatas.
36	4	Os equipamentos de medição são confiáveis e bem distribuídos no processo, mas a manutenção metrológica nem sempre ocorre com a periodicidade ideal. Um cronograma fixo de calibração ajudaria a assegurar maior precisão e confiabilidade dos resultados.
37	3	O setor dispõe de instrumentos suficientes para o controle das variáveis críticas, mas há falhas pontuais de disponibilidade em períodos de pico ou quando equipamentos estão em manutenção. Isso gera lacunas momentâneas no acompanhamento contínuo.
38	4	Os procedimentos de calibração estão documentados e são seguidos pela maior parte da equipe, mas ainda há variações na execução entre turnos. Padronizar completamente a rotina garantiria maior uniformidade e confiabilidade dos resultados.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
39	3	Os registros das medições e calibrações são realizados, mas a organização e a rastreabilidade dos documentos precisam ser aprimorados. A centralização em um sistema digital seria uma solução prática para melhorar o controle e a consulta.
40	4	A aferição dos instrumentos é feita regularmente, com resultados satisfatórios. Entretanto, o intervalo entre verificações poderia ser reduzido em equipamentos críticos para garantir maior precisão nos períodos de maior carga operacional.
41	4	Os métodos utilizados para coleta e análise de dados como medições de brix e pureza seguem padrões técnicos adequados. No entanto, a dependência de análises manuais ainda pode gerar pequenas variações nos resultados, o que reforça a importância de ampliar a automação laboratorial.
42	4	A análise dos dados obtidos em campo é feita de forma funcional e contribui para ajustes operacionais. Contudo, o processo ainda é mais corretivo do que preventivo. A implementação de ferramentas de análise estatística poderia antecipar desvios e aumentar a confiabilidade das decisões.
43	3	Os instrumentos de medição são preservados, mas o controle das condições de armazenamento nem sempre é rigoroso. Ambientes com variações de temperatura ou umidade podem reduzir a durabilidade e a precisão de alguns equipamentos mais sensíveis.
44	4	Os resultados das análises são aproveitados para correção de desvios no processo, especialmente em relação à pureza e ao arraste de vapor. Ainda assim, a aplicação prática dos dados poderia ser mais integrada aos planos de ação de longo prazo, fortalecendo o caráter preventivo das decisões.
45	3	Há momentos de troca de experiência entre operadores e supervisores, mas isso ocorre de maneira espontânea, sem uma estrutura formal de compartilhamento de boas práticas. Um programa contínuo de participação estimularia o engajamento coletivo e a padronização de procedimentos.
46	4	Os treinamentos são oferecidos e abordam fundamentos operacionais e de qualidade. Porém, a frequência e a atualização dos conteúdos ainda são limitadas. A inclusão de módulos técnicos voltados à análise de eficiência e controle de processo agregaria valor à capacitação da equipe.
47	3	A integração de novos colaboradores ocorre com o apoio dos operadores mais experientes, mas sem um plano de desenvolvimento estruturado. Isso faz com que a curva de aprendizado varie bastante entre indivíduos, dependendo da disposição e experiência de quem orienta.
48	3	Os treinamentos são realizados em momentos pontuais geralmente antes da safra e carecem de continuidade. Estabelecer uma rotina de capacitação durante o ciclo produtivo aumentaria a retenção de conhecimento e a aderência às boas práticas.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
49	2	Os critérios para progressão de carreira não são claros ou divulgados de forma objetiva, o que gera percepção de subjetividade. Um sistema de reconhecimento baseado em resultados e competências técnicas estimularia maior engajamento e comprometimento com as metas da usina.
50	3	As avaliações de desempenho são feitas, mas sem padronização entre setores ou níveis hierárquicos. Em alguns casos, prevalece a observação direta do gestor, sem indicadores objetivos. A definição de métricas claras facilitaria a comparação e o planejamento de desenvolvimento individual.
51	4	Os colaboradores compreendem a importância do controle de qualidade e sabem que parâmetros como brix, pureza e eficiência térmica são determinantes para o resultado final. Contudo, ainda há diferenças no nível de entendimento técnico entre os turnos, o que indica necessidade de nivelamento conceitual.
52	3	A orientação prática é eficiente, mas acontece de forma informal, geralmente por meio da troca de experiência entre operadores. Um programa estruturado de capacitação, com conteúdos técnicos padronizados, poderia fortalecer o aprendizado e reduzir variações nas práticas operacionais.
53	3	As diretrizes de operação são comunicadas, mas muitas vezes de forma verbal e sem registro formal. Isso cria risco de interpretações diferentes, principalmente entre os turnos. A comunicação visual ou digital ajudaria a uniformizar as informações.
54	3	As avaliações de conhecimento ocorrem de maneira empírica, baseadas na observação da rotina. Falta um processo sistemático de diagnóstico de competências, que identifique lacunas e direcione treinamentos específicos para as necessidades do setor.
55	4	Os operadores dominam os principais parâmetros de controle e compreendem sua importância prática, mas o conhecimento é majoritariamente empírico. Investir em formação técnica contínua traria uma visão mais analítica sobre causas de desvios e oportunidades de melhoria.
56	3	Os controles são realizados corretamente, mas há diferenças na execução entre operadores, principalmente quanto ao rigor das medições e registros. A padronização de procedimentos e checklists ajudaria a reduzir essas variações.
57	3	Existem diretrizes gerais para as etapas do processo, mas o acompanhamento não é sistemático. Em algumas fases, o controle depende da iniciativa individual do operador. Um plano de controle detalhado aumentaria a rastreabilidade e a consistência das operações.
58	3	Os instrumentos disponíveis são suficientes para o controle do processo, mas parte deles requer atualização e calibração mais frequente. Além disso, a limitação de alguns recursos laboratoriais reduz a agilidade das análises de rotina.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
59	3	Os planos de controle estão estabelecidos, mas são revisados com pouca frequência. Muitas vezes, as mesmas estratégias são repetidas a cada safra, sem considerar as mudanças de matéria-prima ou condições operacionais.
60	4	Os indicadores de desempenho do setor, como pureza, taxa de evaporação e consumo específico de vapor, são monitorados com regularidade. Entretanto, as análises comparativas entre safras ainda são pouco exploradas, o que limita a visão evolutiva do processo.
61	4	Os procedimentos de manuseio e armazenamento do xarope e do condensado são adequados, e a equipe demonstra cuidado com as condições de limpeza e temperatura. Apesar disso, nem todos os procedimentos estão documentados formalmente, o que pode gerar interpretações distintas entre turnos.
62	3	As inspeções são executadas, mas a forma de identificação visual (etiquetas ou registros manuais) nem sempre é clara. A ausência de um padrão único de sinalização dificulta a rastreabilidade e pode causar dúvidas em auditorias ou trocas de turno.
63	4	Os desvios operacionais como variações de brix, arraste de vapor ou queda de pureza são identificados e tratados com agilidade. Contudo, nem sempre há análise posterior das causas para evitar reincidência, o que limita a aprendizagem organizacional.
64	3	As ações corretivas são implementadas, mas o tempo de resposta depende da gravidade do problema e da disponibilidade de pessoal. Faltam mecanismos de priorização que assegurem uma atuação rápida em desvios críticos e evitem o acúmulo de pendências.
65	2	Não há uso sistemático de ferramentas estatísticas, como CEP, para monitorar a variabilidade do processo. O acompanhamento ainda é manual e reativo, baseado em observação e experiência, o que reduz a precisão no controle da estabilidade.
66	3	Os processos são monitorados de forma regular, mas sem continuidade em tempo real. Em alguns pontos críticos, o acompanhamento ainda depende de registros pontuais, o que compromete a confiabilidade das análises e a identificação antecipada de desvios.
67	4	A infraestrutura do setor é adequada, com bom layout e capacidade de produção compatível com as necessidades da usina. No entanto, o desgaste natural de alguns equipamentos e a necessidade de modernização tecnológica ainda impactam a consistência operacional.
68	3	As demandas de manutenção são conhecidas e registradas, mas nem sempre atendidas dentro do prazo necessário. Em alguns casos, as prioridades de produção acabam sobrepondo-se às ações preventivas, o que gera acúmulo de intervenções corretivas.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
69	4	Os instrumentos de medição seguem padrões e são calibrados conforme cronograma, mas nem sempre com a frequência ideal. Reforçar a rastreabilidade dos certificados de calibração garantiria maior confiabilidade aos resultados do processo.
70	3	Os dados operacionais são coletados com regularidade, porém o tratamento estatístico e o arquivamento ainda carecem de organização. Muitas informações ficam dispersas em planilhas e relatórios manuais, dificultando comparações históricas e análises mais profundas.
71	3	As auditorias internas são realizadas, mas de forma esporádica e sem um calendário formalizado. Isso dificulta o acompanhamento sistemático dos resultados e o fechamento de planos de ação. Uma rotina fixa traria mais consistência e permitiria avaliar a evolução dos indicadores ao longo das safras.
72	4	Existem indicadores de desempenho bem definidos como brix, pureza e consumo de vapor que auxiliam o monitoramento do processo. Porém, a análise dos resultados ainda é limitada ao diagnóstico; falta transformar essas informações em planos de ação contínuos e de longo prazo.
73	3	Há avaliações informais sobre o desempenho dos operadores, mas sem vínculo direto com os resultados de processo. Um sistema que conectasse as metas individuais aos indicadores de qualidade tornaria o acompanhamento mais justo e estimulante para a equipe.
74	4	As medições de parâmetros de qualidade são regulares e confiáveis, porém a padronização da frequência e o formato dos registros variam entre turnos. A criação de um protocolo único de medição garantiria maior comparabilidade e rastreabilidade.
75	3	O monitoramento é realizado, mas não de forma totalmente integrada. Em alguns casos, as informações ficam restritas ao setor, sem uma consolidação global com outras áreas do processo, o que dificulta a tomada de decisões intersetoriais.
76	3	Os critérios de qualidade são definidos e conhecidos, mas raramente revisados. Essa falta de atualização periódica pode gerar desalinhamento entre as metas de qualidade e as novas exigências operacionais ou tecnológicas da usina.
77	4	As análises laboratoriais são realizadas com frequência e precisão satisfatória, mas a comunicação dos resultados poderia ser mais ágil. A integração digital entre laboratório e operação traria ganhos de tempo e maior eficiência nas correções.
78	4	Os registros das análises de processo são feitos de maneira organizada, mas sua utilização prática ainda é limitada. Esses dados poderiam ser mais explorados para identificar tendências e definir oportunidades de melhoria contínua.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
79	3	As ações corretivas são aplicadas quando ocorrem desvios, mas nem sempre há verificação da eficácia das medidas adotadas. Formalizar um ciclo de validação e acompanhamento garantiria maior consistência nas melhorias implementadas.
80	4	Os índices operacionais como pureza, taxa global de evaporação e consumo específico são calculados e acompanhados, mas as análises comparativas entre safras ainda são pouco exploradas. Ampliar essa visão histórica ajudaria na prevenção de desvios recorrentes.
81	4	As condições de armazenamento do produto são adequadas, respeitando parâmetros de limpeza, temperatura e tempo de retenção. Entretanto, a rastreabilidade ainda poderia ser fortalecida com registros eletrônicos que facilitem auditorias e reduzam o risco de falhas humanas.
82	4	As auditorias ocorrem tanto por iniciativa interna quanto por exigências externas, mas a frequência ainda varia conforme o período da safra. A criação de um cronograma anual de auditorias fortaleceria o controle e asseguraria maior constância na verificação de conformidades.
83	4	As não conformidades são comunicadas aos responsáveis, porém o fluxo de informação nem sempre é imediato. Um sistema automatizado de notificação, integrado ao SGI, permitiria respostas mais rápidas e reduziria o tempo de correção dos desvios.
84	3	Os dados de processo são analisados, mas a falta de uso sistemático de ferramentas de estatística limita a compreensão de causas estruturais de variabilidade. A introdução de gráficos de tendência e controles estatísticos poderia apoiar decisões mais assertivas.
85	4	A coleta de dados é realizada com base em procedimentos claros e instrumentos confiáveis. No entanto, a análise ainda é concentrada em resultados pontuais. Um maior foco em interpretação comparativa e histórica aumentaria o valor das informações obtidas.
86	3	A tabulação dos dados é feita, mas de forma manual e sem padronização de formato. A implantação de planilhas automatizadas ou softwares de controle de processo traria mais agilidade e segurança aos registros.
87	2	Não há acompanhamento sistemático da qualidade dos materiais adquiridos. O controle é pontual e conduzido pelo setor de suprimentos, sem um procedimento padronizado ou interface direta com o processo de evaporação.
88	4	Os relatórios operacionais são elaborados com boa frequência e trazem informações relevantes sobre rendimento e consumo energético. Apesar disso, faltam análises interpretativas mais profundas, que transformem os dados em propostas de melhoria efetiva.
89	4	As perdas são registradas e acompanhadas, principalmente aquelas ligadas a arraste de vapor e incrustação. Contudo, a análise das causas ainda é pontual. Um acompanhamento mais sistemático permitiria identificar padrões e reduzir reincidências.

Quadro 3 - continuação

Questões	Nota	Justificativa
90	2	O setor não possui auditorias de processo. As verificações realizadas são informais e não seguem um procedimento padronizado, o que reduz a eficácia do controle e a possibilidade de prevenção de desvios.
91	3	As verificações de produto são realizadas eventualmente, mas não seguem um programa formal de auditorias periódicas. Isso faz com que o controle de qualidade dependa muito da iniciativa individual dos operadores e da disponibilidade da equipe de laboratório.
92	3	As reclamações internas ou externas são registradas, mas o uso dessas informações para promover melhorias ainda é limitado. Falta um processo estruturado de retroalimentação que conecte essas ocorrências à revisão de procedimentos e indicadores de desempenho.
93	3	O setor realiza estudos pontuais, especialmente relacionados à formação de incrustações e perdas térmicas. Contudo, essas iniciativas não seguem um cronograma fixo nem são sistematizadas em relatórios que permitam comparações entre safras.
94	2	Não há acompanhamento formal dos custos da qualidade no setor. As análises econômicas se concentram no desempenho produtivo e energético, sem considerar o impacto financeiro de falhas, retrabalho ou perdas de eficiência.
95	3	Existem discussões internas sobre informatização das rotinas de controle, mas o projeto ainda não foi implementado. A digitalização do sistema de qualidade traria ganhos em rastreabilidade e reduziria a dependência de registros manuais e planilhas locais.
96	2	O sistema de informações da qualidade opera de forma básica, sem auditorias sobre sua eficácia ou integração com outros setores. Essa limitação impede o uso estratégico dos dados e reduz a confiabilidade das análises gerenciais.

Fonte: Autoria Própria

Tabela 17- Resultado global da usina

Questão	A	B	C	D	média especialista	índice questão	Nota Global
1	4	5	4	4	0,7	0,977	0,703
2	3	4	3	3	0,6	0,864	0,518
3	3	3	3	3	0,6	1,190	0,714
4	3	3	4	4	0,7	1,226	0,858
5	3	3	5	4	0,8	1,098	0,824
6	3	3	4	3	0,7	0,900	0,585
7	3	4	5	4	0,8	1,009	0,807
8	3	3	3	3	0,6	0,867	0,520
9	3	2	2	3	0,5	0,927	0,464
10	3	4	4	4	0,8	1,240	0,930
11	4	2	3	3	0,6	0,329	0,197
12	2	2	4	3	0,6	0,924	0,508
13	2	4	5	4	0,8	0,968	0,726
14	4	3	4	3	0,7	0,868	0,608
15	3	4	2	4	0,7	1,326	0,862
16	4	4	3	4	0,8	1,251	0,938
17	4	3	3	3	0,7	1,192	0,775
18	3	3	2	3	0,6	1,095	0,602
19	3	4	4	4	0,8	0,893	0,670
20	4	4	5	5	0,9	0,842	0,758
21	4	4	4	4	0,8	1,370	1,096
22	4	4	5	4	0,9	1,105	0,939
23	4	3	3	3	0,7	1,215	0,790
24	3	4	4	4	0,8	1,261	0,946
25	4	4	5	4	0,9	0,768	0,653
26	4	4	4	4	0,8	0,732	0,586
27	4	3	4	3	0,7	1,207	0,845
28	3	4	5	4	0,8	0,881	0,705
29	4	3	3	3	0,7	0,766	0,498
30	3	4	5	4	0,8	0,597	0,478
31	4	4	4	4	0,8	0,852	0,682
32	4	3	5	3	0,8	1,260	0,945
33	3	3	4	3	0,7	1,051	0,683
34	3	3	3	3	0,6	1,292	0,775
35	3	3	4	4	0,7	0,919	0,643
36	3	4	5	4	0,8	0,761	0,609
37	4	3	4	3	0,7	1,345	0,942
38	3	4	5	4	0,8	0,901	0,721
39	4	3	4	3	0,7	1,153	0,807
40	3	4	4	4	0,8	1,263	0,947
41	4	4	4	4	0,8	1,230	0,984

Tabela17 - Continuação

Questão	A	B	C	D	média especialista	índice questão	Nota Global
42	4	4	4	4	0,8	1,133	0,906
43	4	3	3	3	0,7	1,130	0,735
44	3	4	5	4	0,8	1,224	0,979
45	4	3	4	3	0,7	1,313	0,919
46	3	4	5	4	0,8	1,004	0,803
47	4	3	3	3	0,7	1,004	0,653
48	3	3	4	3	0,7	1,176	0,764
49	3	2	2	2	0,5	1,131	0,509
50	2	3	4	3	0,6	0,950	0,570
51	3	4	4	4	0,8	1,403	1,052
52	4	3	3	3	0,7	1,147	0,746
53	3	3	4	3	0,7	1,224	0,796
54	3	3	5	3	0,7	0,933	0,653
55	3	4	3	4	0,7	1,354	0,948
56	4	3	4	3	0,7	0,956	0,669
57	3	3	4	3	0,7	1,012	0,658
58	3	3	2	3	0,6	1,018	0,560
59	3	3	3	3	0,6	0,978	0,587
60	3	4	4	4	0,8	0,924	0,693
61	4	4	4	4	0,8	1,063	0,850
62	4	3	3	3	0,7	1,086	0,706
63	3	4	4	4	0,8	0,679	0,509
64	4	3	4	3	0,7	1,011	0,708
65	3	2	2	2	0,5	0,982	0,442
66	2	3	3	3	0,6	1,102	0,606
67	3	4	5	4	0,8	1,105	0,884
68	4	3	4	3	0,7	0,953	0,667
69	3	4	3	4	0,7	1,137	0,796
70	4	3	4	3	0,7	0,928	0,650
71	3	3	5	3	0,7	0,958	0,671
72	3	4	4	4	0,8	1,137	0,853
73	4	3	4	3	0,7	0,886	0,620
74	3	4	5	4	0,8	1,088	0,870
75	4	3	3	3	0,7	1,300	0,845
76	3	3	4	3	0,7	1,312	0,853
77	3	4	5	4	0,8	1,251	1,001
78	4	4	4	4	0,8	0,760	0,608
79	4	3	5	3	0,8	1,227	0,920
80	3	4	3	4	0,7	0,877	0,614
81	4	4	4	4	0,8	0,974	0,779
82	4	3	5	4	0,8	0,916	0,733
83	3	4	4	4	0,8	1,050	0,788

Tabela17 - Continuação

Questão	A	B	C	D	média especialista	índice questão	Nota Global
84	4	3	4	3	0,7	0,829	0,580
85	3	4	3	4	0,7	1,098	0,769
86	4	3	3	3	0,7	0,958	0,623
87	3	2	2	2	0,5	0,851	0,383
88	2	4	3	4	0,7	1,078	0,701
89	4	4	4	4	0,8	1,123	0,898
90	4	3	5	2	0,7	1,142	0,799
91	3	3	4	3	0,7	1,114	0,724
92	3	3	5	3	0,7	0,786	0,550
93	3	3	3	3	0,6	1,142	0,685
94	3	2	2	2	0,5	0,722	0,325
95	2	3	3	3	0,6	1,051	0,578
96	3	2	2	2	0,5	1,395	0,628
							69,25

Fonte: Autoria Própria