



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGreste
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOSÉ GUSTAVO NASCIMENTO SOARES

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA IDENTIFICAÇÃO
DOS FATORES QUE IMPACTAM O PRAZO DE EXECUÇÃO DAS OBRAS DE
CENTRAIS DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

Caruaru

2025

JOSÉ GUSTAVO NASCIMENTO SOARES

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA IDENTIFICAÇÃO DOS
FATORES QUE IMPACTAM O PRAZO DE EXECUÇÃO DAS OBRAS DE
CENTRAIS DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Dr. Isaac Pergher

**Caruaru
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE**

Soares, José Gustavo Nascimento.

Aplicação das ferramentas da qualidade na análise dos fatores que impactam o prazo de execução das obras de centrais de gás liquefeito de petróleo / José Gustavo Nascimento Soares. - Caruaru, 2025.

54 : il., tab.

Orientador(a): Isaac Pergher

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Gestão de obra. 2. Gestão da qualidade. 3. GLP. 4. Petróleo. 5. Estatística. I. Pergher, Isaac . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

JOSÉ GUSTAVO NASCIMENTO SOARES

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA ANÁLISE DOS
FATORES QUE IMPACTAM O PRAZO DE EXECUÇÃO DAS OBRAS DE
CENTRAIS DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Qualidade.

Aprovado em: 25/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Isaac Pergher (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Leão e Silva Filho
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucimario Gois de Oliveira Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha mãe, Sulany,
cujo amor, apoio incondicional e sábia
orientação foram fundamentais em cada
passo da minha jornada. Sem ela, eu não
teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Neste momento tão significativo de conclusão de curso, agradeço primeiramente a Deus, pois tenho plena convicção de que todas as conquistas da minha vida foram possíveis graças à Sua infinita graça, misericórdia e permissão. Esta vitória representa mais uma prova de Seu amor incondicional e de Sua bondade constante em minha trajetória.

Agradeço com todo o meu coração à minha mãe, Sulany, por seu cuidado incansável, apoio firme e pelos ensinamentos que me guiaram na construção de um caminho sólido e digno. Sua presença foi e sempre será meu maior alicerce.

À minha irmã Laura e aos meus sobrinhos, Miguel e Analu, minha gratidão por serem fonte de amor, inspiração e motivação. Vocês me deram ainda mais razões para persistir e vencer.

Sou imensamente grato aos meus tios, Silvana e Jefferson, pelo acolhimento, carinho e orientações durante os anos de faculdade e pela generosidade com que me receberam em Caruaru.

Aos meus padrinhos, Alex e Maria Helena, o meu sincero agradecimento por todo o apoio fundamental na reta final desta caminhada. Sua hospitalidade e incentivo, ao me acolherem em Recife para o início dos estágios, foram decisivos para a concretização deste ciclo.

Agradeço também ao meu professor orientador, Isaac Pergher, por sua paciência, seus valiosos ensinamentos e pelas orientações lúcidas e assertivas ao longo deste trabalho. Sua orientação e apoio incondicionais durante minha jornada acadêmica foram de extrema relevância. Sou grato por sua compreensão e pelo senso de urgência ao identificar que o tema inicial não estava gerando os resultados esperados, propondo com clareza novos caminhos e soluções que possibilitaram a realização deste projeto. Sua dedicação, expertise e incentivo foram fundamentais não apenas para o desenvolvimento deste trabalho, mas também para meu crescimento pessoal e profissional.

*"Todas as coisas cooperam para o bem
daqueles que amam a Deus."*

Rm 8:28

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo aplicar, de forma sequencial e integrada, ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas para diagnosticar e mitigar os principais fatores que afetam negativamente o tempo de execução das obras de centrais de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) a granel. A pesquisa analisou 90 obras realizadas entre maio e junho de 2025, nos estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e no município de Juazeiro do Norte, Ceará. Foram utilizadas as ferramentas Brainstorming, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz GUT, Gráfico de Dispersão, além de testes estatísticos como Kolmogorov-Smirnov e Brunner-Munzel. Os principais problemas identificados foram: ausência de urgência por parte do cliente, falhas nos projetos, inauguração futura, troca de fornecedor de gás e represamento por metas comerciais. O teste de Brunner-Munzel indicou diferença estatisticamente significativa entre as durações das obras executadas pela empresa e aquelas sob responsabilidade do cliente, com base nos resultados foram propostos planos de ação 5W2H voltados à padronização de processos e à redução de gargalos operacionais. Também foi desenvolvido um dashboard interativo no *Power BI*, que permite o acompanhamento em tempo real das obras, com filtros por tipo de pendência, mês, responsabilidade da construção e tempo médio por cliente.

Palavras-chave: Qualidade; Centrais de GLP; Obras industriais; Ferramentas da Qualidade; Melhoria contínua; Teste de Hipótese.

ABSTRACT

This study aimed to apply, in a sequential and integrated manner, quality tools and statistical techniques to diagnose and mitigate the main factors that negatively impact the execution time of bulk Liquefied Petroleum Gas (LPG) central installation projects. The research analyzed 90 projects carried out between May and June 2025 in the states of Pernambuco, Alagoas, Paraíba, and the municipality of Juazeiro do Norte, Ceará. The methodology included the use of Brainstorming, Pareto Chart, Cause-and-Effect Diagram (Ishikawa), GUT Matrix, Scatter Plot, as well as statistical tests such as Kolmogorov-Smirnov and Brunner-Munzel. The main issues identified were: lack of urgency on the part of the client, project failures, postponed inaugurations, gas supplier switching, and commercial target-related delays. The Brunner-Munzel test revealed a statistically significant difference between the durations of works executed by the company and those under the client's responsibility. Based on the findings, 5W2H action plans were proposed to standardize processes and reduce operational bottlenecks. Additionally, an interactive dashboard was developed in Power BI to enable real-time project monitoring, with filters for type of delay, month, construction responsibility, and average duration per client.

Keywords: Quality; LPG Central Installations; Industrial Projects; Lead Time; Quality Tools; Continuous Improvement; Hypothesis Testing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|---------------------------------------|----|
| Figura 1 - | Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) | 21 |
| Figura 2 - | Exemplo de central de gás LP | 26 |
| Figura 3 - | Etapas do processo | 32 |
| Figura 4 - | Diagrama de Causa e Efeito | 36 |
| Figura 5 - | Diagrama de Pareto | 38 |
| Figura 6 - | Gráfico de dispersão | 41 |
| Figura 7 - | Boxplot | 42 |
| Figura 8 - | Histograma | 43 |
| Figura 9 - | Histograma Cliente x Empresa | 44 |
| Figura 10 - | Dashboard | 48 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------|---|
| GLP | Gás Liquefeito de Petróleo |
| SFE | Salesforce |
| CRM | Customer Relationship Management |
| GUT | Gravidade, Urgência e Tendência |
| 5W2H | What, Why, Where, When, Who, How e How Much |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Estatística Descritiva | 41 |
| Tabela 2 - Estatística Descritiva - Responsabilidade do Cliente X Empresa | 44 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--------------------------------------|----|
| Quadro 1 - 5W2H | 25 |
| Quadro 2 - Execução do Brainstorming | 34 |
| Quadro 3 - Execução da Matriz GUT | 39 |
| Quadro 4 - Execução do 5W2H | 45 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 17 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 18 |
| 2.1 | BRAINSTORMING..... | 18 |
| 2.2 | DIAGRAMA DE PARETO..... | 19 |
| 2.3 | DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO..... | 20 |
| 2.4 | MATRIZ GUT..... | 22 |
| 2.5 | GRÁFICO DE DISPERSÃO..... | 23 |
| 2.6 | 5W2H..... | 24 |
| 2.7 | NBR 13523:2019..... | 26 |
| 2.8 | DASHBOARD – POWER BI..... | 27 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 28 |
| 3.1 | TIPO DE PESQUISA..... | 28 |
| 3.2 | OBJETO E SUJEITOS DA PESQUISA..... | 29 |
| 3.3 | COLETA DE DADOS..... | 29 |
| 3.4 | ANÁLISE DE DADOS..... | 30 |
| 3.5 | MÉTODO DE TRABALHO..... | 30 |
| 4 | ESTUDO DE CASO..... | 32 |
| 4.1 | CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA..... | 32 |
| 4.2 | BRAINSTORMING..... | 33 |
| 4.3 | DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO..... | 35 |
| 4.4 | DIAGRAMA DE PARETO..... | 37 |
| 4.5 | MATRIZ GUT..... | 39 |
| 4.6 | AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA..... | 40 |
| 4.7 | 5W2H..... | 45 |
| 4.8 | DASHBOARD..... | 48 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 50 |
| | REFERÊNCIAS..... | 52 |

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um elemento sério do desenvolvimento da infraestrutura do país. Sua atuação não se limita ao aspecto territorial, por meio da expansão e modernização da infraestrutura, mas também contribui diretamente para setores essenciais como habitação, transporte, serviços e indústria. Esses empreendimentos não apenas impulsionam a economia, gerando empregos e renda, como também promovem melhorias significativas na qualidade de vida da população. Ao fortalecer as bases estruturais do Brasil, a construção civil contribui para aumentar a competitividade do país no cenário global.

No entanto, a implementação de projetos na construção civil apresenta uma série de desafios. Dificuldades técnicas, variações regionais, limitações orçamentárias e restrições operacionais figuram entre os principais entraves à eficiência dos empreendimentos. Segundo Cardoso et al. (2019), a falta de integração entre as etapas de planejamento, execução e controle das obras representa um dos maiores obstáculos do setor, contribuindo diretamente para atrasos, retrabalhos e elevação dos custos.

Mesmo nesse cenário desafiador, a diversidade geográfica e socioeconômica do Brasil apenas aumenta o desafio. Em várias áreas, especialmente as distantes dos grandes centros urbanos, bem como restrições logísticas de transporte, escassez de materiais e mão de obra especializada, elevam a realização das obras (Oliveira & Almeida, 2021). Além disso, inconsistências econômicas e a contínua mudança nas leis e regulamentos forçam as gestões a serem flexíveis e rápidas nas decisões em relação às forças externas (Santos & Silva, 2020).

Esses problemas são exacerbados em obras industriais altamente especializadas, como centrais de GLP. Por serem parte de um produto inflamável e perigoso, tais instalações devem basear-se em rigorosas regulamentações técnicas e de segurança, cujas bases estão no escopo da norma NBR 13523:2019 (ABNT, 2019). Esses requisitos devem ser rigorosamente controlados em cada etapa, desde o projeto até garantir uma instalação totalmente operacional e segura.

As centrais de gás têm um papel fundamental na cadeia de suprimento de GLP. Elas são responsáveis pela entrega segura do produto para residências, empresas, indústrias e serviços essenciais. Mas há muitos fatores que influenciam a decisão de quando iniciar essas obras: o perfil de consumo do cliente, a situação

técnica do local, a disponibilidade do material, a dificuldade de instalação. Segundo Lima et al. (2022), esses fatores exigem um grau de gestão que combina precisão técnica com a flexibilidade necessária para acomodar as circunstâncias únicas de cada projeto.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar, com base em dados reais e uma abordagem metodológica estruturada, os principais fatores que impactam o tempo de execução das obras de centrais de GLP. Para isso, foram avaliadas 90 obras realizadas entre maio e junho de 2025, nos estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e na cidade de Juazeiro do Norte, no Ceará.

A fim de garantir uma investigação robusta e fundamentada, a análise adotou um conjunto de ferramentas da qualidade — como Brainstorming, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz GUT, Gráfico de Dispersão, teste de hipótese e o plano de ação 5W2H. O uso integrado desses instrumentos permitiu não apenas identificar os principais fatores que causam atrasos, mas também propor soluções práticas capazes de otimizar os processos e tornar a execução das obras mais previsível e eficiente.

Como produto técnico derivado da pesquisa, foi desenvolvido um dashboard interativo no Power BI, que permite acompanhar em tempo real o andamento das obras. Essa ferramenta foi configurada para permitir análises segmentadas, com filtros por tipo de pendência, responsável pela execução (empresa ou cliente) e mês da obra, facilitando a tomada de decisões com base em dados atualizados e confiáveis.

1.1 Justificativa

A execução de obras industriais, como as centrais GLP, caracteriza-se por um conjunto de etapas técnicas interdependentes, cuja complexidade exige um gerenciamento rigoroso. A ausência de controle adequado sobre essas fases pode resultar em atrasos expressivos, elevação de custos operacionais e comprometimento da segurança e da qualidade final do serviço prestado (CARDOSO et al., 2019; SANTOS & SILVA, 2020). Nesse cenário, a aplicação de ferramentas da qualidade emerge como uma abordagem metodológica eficaz para diagnosticar, analisar e mitigar os principais fatores que afetam o desempenho temporal das obras.

Além disso, para que uma central de gás seja projetada e executada de maneira segura e em conformidade com os requisitos legais, é imprescindível a observância rigorosa da norma NBR 13523:2019. Esta norma técnica estabelece as diretrizes para instalações internas de centrais de gás liquefeito de petróleo (GLP), detalhando aspectos fundamentais como os distanciamentos mínimos de pontos de ignição, passeios públicos, outras fontes de combustível, janelas, aberturas e rebaixos, bem como a quantidade e a posição adequada de extintores de incêndio. O seu cumprimento é essencial para assegurar que o consumo de gás por parte do cliente ocorra de forma eficiente e, principalmente, segura.

A relevância deste estudo reside na necessidade de aprimorar a gestão das obras por meio de uma abordagem baseada em dados concretos e metodologias consolidadas. Para isso, são utilizadas ferramentas como o Brainstorming, o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Causa e Efeito, a Matriz GUT, Gráfico de dispersão, teste de hipótese e o plano de ação 5W2H. Esses instrumentos permitem não apenas a identificação e categorização dos problemas mais recorrentes, mas também subsidiam a tomada de decisões estratégicas e a implementação de ações corretivas orientadas à melhoria contínua.

Devido à alta demanda de instalações de centrais de GLP e à grande variedade de fatores que desempenham um papel durante sua implementação, entre eles logística, mão de obra contratada, qualidade da construção e comunicação entre as partes envolvidas, é necessário ter um método analítico que possibilite que os dados operacionais se tornem conhecimento gerencial. Nesse sentido, o presente trabalho contribui tanto para a organização estudada quanto para o campo da engenharia de produção, ao propor um modelo de análise aplicável a diferentes realidades do setor industrial.

Além de seu valor prático, a pesquisa também possui mérito acadêmico, ao demonstrar a aplicabilidade das ferramentas da qualidade em contextos reais e operacionais. Ao fazê-lo, estimula o desenvolvimento de estudos aplicados que promovam maior eficiência, controle e padronização na gestão de obras técnicas, reforçando o papel da engenharia como agente de transformação organizacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este estudo busca identificar as causas recorrentes de atraso nos principais fatores que impactam a duração das obras de centrais de GLP e propor melhorias operacionais para mitigar os fatores.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar os principais fatores que contribuem para os atrasos na execução das obras de centrais de GLP, com base na análise de dados operacionais, observações em campo e relatórios técnicos de 90 obras realizadas entre maio e junho de 2025.
- Aplicar de forma sequencial e integrada ferramentas da qualidade e métodos estatísticos — como Brainstorming, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz GUT, testes de hipótese e 5W2H — com o objetivo de estruturar, aprofundar e validar a análise dos problemas observados.
- Desenvolver planos de ação corretivos e preventivos baseados nas causas-raiz dos atrasos.
- Desenvolver um dashboard interativo no Power BI como ferramenta de monitoramento da execução das obras, permitindo o acompanhamento em tempo real dos indicadores operacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Brainstorming

O método de Brainstorming ou como também é conhecido “tempestade de ideias”, é uma técnica amplamente empregada em processos de diagnóstico, solução de problemas e geração de ideias no contexto da gestão da qualidade. Desenvolvida por Alex Osborn na década de 1940, essa metodologia estabelece um ambiente colaborativo pautado na liberdade de expressão, com o objetivo de promover a geração espontânea de ideias, sem críticas ou julgamentos prévios. Essa abordagem visa estimular a criatividade dos participantes, favorecendo a construção coletiva de soluções a partir de múltiplas perspectivas (Osborn, 1953).

No âmbito da qualidade, o Brainstorming é utilizado como uma etapa preliminar à aplicação de ferramentas analíticas mais estruturadas, como o Diagrama de Causa e Efeito ou a Matriz GUT, funcionando como um método de levantamento inicial de causas potenciais ou hipóteses que possam estar relacionadas ao problema analisado. De acordo com Gitlow et al. (2005), a técnica é fundamental para capturar o conhecimento tácito dos envolvidos no processo, muitas vezes não registrado formalmente, mas essencial para o entendimento completo do fenômeno.

A condução eficaz do Brainstorming requer o respeito a alguns princípios fundamentais: suspensão do julgamento durante a geração de ideias, estímulo à quantidade em detrimento da qualidade imediata, encorajamento à construção coletiva (piggybacking) e valorização de ideias inusitadas (Tague, 2005). Esses princípios criam um ambiente seguro e propício à criatividade, favorecendo a diversidade de perspectivas.

Segundo Ishikawa (1986), o Brainstorming é uma ferramenta complementar às chamadas sete ferramentas da qualidade, sendo frequentemente utilizada como etapa exploratória antes da construção do Diagrama de Espinha de Peixe (ou Causa e Efeito). Ao reunir operadores, gestores e técnicos de diferentes áreas, a técnica permite identificar múltiplas visões sobre um mesmo problema, aumentando a robustez da análise e a eficácia das ações corretivas posteriores.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009), o Brainstorming tem um papel estratégico na formação de equipes de melhoria contínua, por favorecer o engajamento e o sentimento de pertencimento dos colaboradores ao processo de

solução de problemas. Adicionalmente, o uso da ferramenta favorece a construção de uma cultura organizacional baseada na inovação e no engajamento colaborativo dos envolvidos.

Embora o Brainstorming seja comumente associado à criatividade, sua aplicação na gestão da qualidade requer método. É necessário definir previamente o problema a ser discutido, selecionar os participantes com base na diversidade de experiências, limitar o tempo da sessão e registrar adequadamente todas as contribuições. Montgomery (2009) ressalta que a fase de filtragem e categorização das ideias é tão importante quanto a geração, devendo ser conduzida com critérios objetivos e alinhamento com os objetivos da organização.

Adicionalmente, o Brainstorming pode ser utilizado de forma síncrona (em reuniões presenciais ou virtuais) ou assíncrona (via formulários ou plataformas colaborativas), ampliando sua aplicabilidade em contextos com equipes distribuídas geograficamente. Vieira (2015) destaca que a utilização de tecnologia digital potencializa a coleta e a organização das ideias, mantendo o dinamismo e a abrangência da ferramenta.

2.2 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma das ferramentas mais antigas no controle de qualidade, ajudando a organizar os problemas, priorizá-los e mostrar as causas mais influentes nos resultados finais estudados. O Diagrama de Pareto baseia-se na conhecida regra 80-20, identificada por Vilfredo Pareto no final do século XIX, observando que em muitos fenômenos, 20% dos fatores causadores produzem 80% da carga de efeito. Com o tempo, essa ideia foi ampliada e passou a ser conhecida como gestão da qualidade, tendo Joseph M. Juran sido um dos principais responsáveis por essa evolução conceitual, pois o mesmo reconheceu como uma abordagem poderosa para concentrar recursos na solução dos problemas mais importantes (Juran & Godfrey, 1999).

Do ponto de vista visual, o Diagrama de Pareto é usado para apresentar informações a fim de iluminar as categorias mais prevalentes ou significativas, listadas com base na magnitude de forma decrescente. A forma do gráfico é composta por barras verticais cuja base representa os assuntos analisados — tipos de falhas, causas, problemas a serem resolvidos — e medidos pela escala à esquerda a

frequência ou impacto no eixo vertical à esquerda. Além disso, uma linha curva no eixo vertical direito é a porcentagem cumulativa dos dados, ajudando a identificar as categorias que concentram a maioria dos efeitos observados. Esta visão permite que os gestores se concentrem nas coisas vitais, tornando-as viáveis e eficazes (Montgomery, 2009).

O Diagrama de Pareto é uma das sete ferramentas de qualidade (7Q) mencionadas por Ishikawa (1986) e é justamente devido à sua simplicidade, eficácia e aplicabilidade em vários contextos organizacionais. Está intimamente relacionado à ideia de melhoria contínua na medida em que permite a uma organização direcionar recursos para problemas ou oportunidades quando e onde são mais eficazes.

A aplicação do Diagrama de Pareto não se limita apenas à análise de defeitos ou falhas. Ele pode ser utilizado também em análises de custos, tempo de processo, perdas de produção, reclamações de clientes e outros indicadores-chave. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), a ferramenta auxilia na tomada de decisões estratégicas ao evidenciar quais são os elementos de maior influência negativa sobre os resultados organizacionais.

É importante destacar que a eficácia do Diagrama de Pareto está condicionada à qualidade dos dados utilizados. Dados incompletos ou mal categorizados podem levar a interpretações equivocadas e, consequentemente, a decisões ineficazes. Por isso, Gitlow et al. (2005) enfatizam a importância da padronização na coleta e no registro de dados, bem como da validação prévia das categorias utilizadas no gráfico.

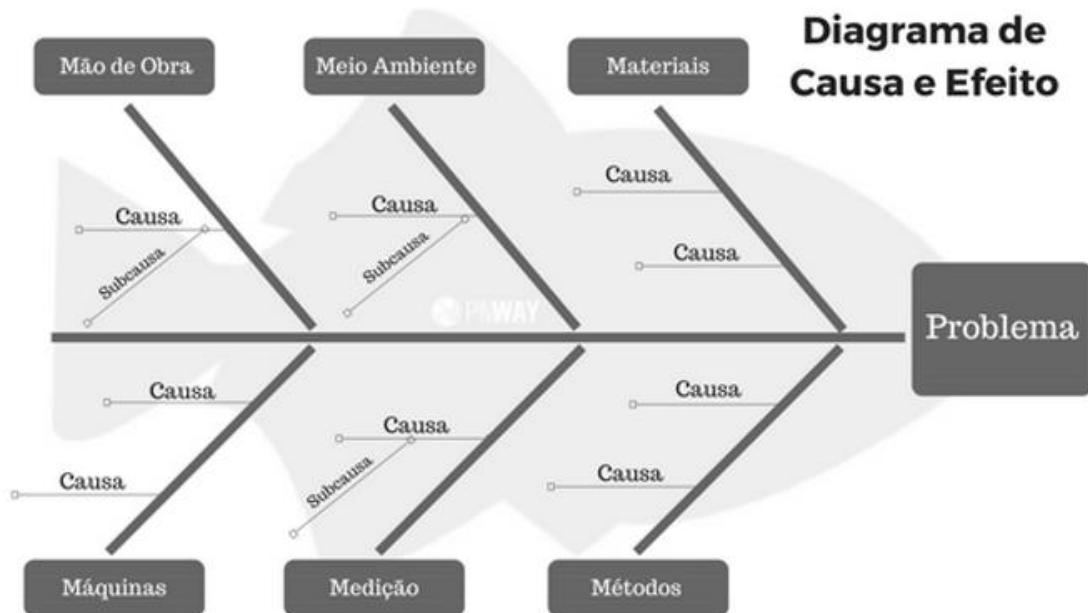
2.3 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta analítica amplamente empregada na gestão da qualidade para identificar, explorar e representar graficamente as possíveis causas de um problema ou efeito específico. Foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943, sendo incorporado posteriormente ao conjunto das sete ferramentas da qualidade (7Q) por sua relevância na análise de processos e na busca por soluções sistemáticas e estruturadas (Ishikawa, 1986).

A estrutura do diagrama remete à forma de uma espinha de peixe, onde a “cabeça” representa o efeito (ou problema) a ser analisado, e as “espinhas” principais correspondem às categorias de causas. As causas secundárias e terciárias são

adicionadas como ramificações dessas espinhas, criando uma representação hierárquica das possíveis origens do problema. Essa representação pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) - Fonte: PMWay



Tradicionalmente, as categorias principais são agrupadas no modelo 6Ms: Máquina, Método, Material, Mão de obra, Meio ambiente e Medida, especialmente em contextos industriais (Montgomery, 2009). No entanto, essas categorias podem ser adaptadas conforme a natureza do processo analisado.

Segundo Juran e Godfrey (1999), a principal contribuição do Diagrama de Ishikawa está na sua capacidade de fomentar o pensamento crítico e o trabalho em equipe durante a análise de falhas. Ao exigir a decomposição lógica de um problema em causas potenciais, a ferramenta incentiva uma investigação profunda, evitando soluções superficiais ou paliativas. Nesse sentido, sua utilização favorece a prevenção de recorrência de problemas, pois permite atacar as raízes e não apenas os sintomas.

A aplicação do Diagrama de Causa e Efeito está diretamente ligada ao conceito de melhoria contínua e à filosofia do controle da qualidade total (*Total Quality Management – TQM*), na medida em que propicia um diagnóstico mais assertivo e fundamentado. Para Gitlow et al. (2005), o diagrama contribui significativamente para a fase de análise em metodologias estruturadas como o PDCA (*Plan-Do-Check-Act*)

e o DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*), sendo um recurso essencial em projetos de melhoria de processos e redução de variabilidade.

É fundamental destacar que, embora o diagrama seja qualitativo por natureza, ele pode e deve ser complementado por análises estatísticas, testes empíricos ou ferramentas quantitativas, a fim de validar as hipóteses levantadas. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), essa complementaridade metodológica reforça a robustez das decisões gerenciais e favorece intervenções mais eficazes.

2.4 Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta gerencial utilizada para priorização de problemas ou ações com base em três critérios fundamentais: Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T). Desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe em suas abordagens sobre análise de problemas e tomada de decisão, essa matriz é amplamente utilizada no âmbito da gestão da qualidade, planejamento estratégico e controle de processos para direcionar recursos e esforços àquilo que demanda intervenção mais imediata e impactante (Kepner & Tregoe, 1981).

A lógica subjacente à Matriz GUT parte do pressuposto de que, diante de múltiplos problemas ou oportunidades de melhoria, deve-se avaliar e classificar cada um deles segundo os critérios:

- Gravidade corresponde à intensidade dos efeitos que o problema pode causar se não for solucionado, incluindo potenciais prejuízos operacionais, impactos financeiros ou danos à reputação da organização.
- Urgência refere-se ao tempo disponível para a intervenção, considerando o limite aceitável para resolver a situação antes que ela comprometa processos.
- Tendência avalia o potencial de agravamento do problema ao longo do tempo, caso nenhuma ação corretiva seja adotada.

Cada um desses critérios é pontuado de 1 (menos relevante) a 5 (mais relevante), e o produto entre os três valores gera o índice de prioridade ($G \times U \times T$). Esse resultado permite ordenar as situações conforme sua criticidade, servindo como base racional para a alocação de esforços (Paladini, 2012).

De acordo com Maximiano (2011), a Matriz GUT contribui com a gestão eficiente, pois transforma avaliações subjetivas em uma análise estruturada, facilitando a comunicação entre os tomadores de decisão e os executores de ações corretivas. Além disso, a ferramenta estimula a abordagem sistêmica, ao considerar não apenas o impacto imediato dos problemas, mas também sua evolução ao longo do tempo.

A simplicidade de sua aplicação e a objetividade na priorização tornam a Matriz GUT uma técnica versátil, aplicável tanto em ambientes industriais quanto em serviços, administração pública e saúde. Sua utilização é particularmente eficaz em situações de recursos limitados, quando é necessário escolher em que focar os esforços de maneira estratégica e fundamentada (Falconi, 2009).

Cabe ressaltar que, embora a Matriz GUT ofereça suporte quantitativo na priorização, ela deve ser complementada com julgamento crítico e conhecimento técnico do contexto. Como pontuam Slack, Chambers e Johnston (2009), ferramentas qualitativas como essa ganham valor quando inseridas em uma cultura organizacional orientada à melhoria contínua e à análise fundamentada de processos.

2.5 Gráfico de Dispersão

O gráfico de dispersão constitui um recurso estatístico essencial para investigar possíveis correlações entre variáveis numéricas, permitindo a visualização da distribuição dos dados e a identificação de padrões ou tendências. Seu principal objetivo é identificar padrões, tendências ou correlações entre dois conjuntos de dados, permitindo uma visualização intuitiva da distribuição e do comportamento conjunto das variáveis. Embora simples em sua construção, o gráfico de dispersão é amplamente utilizado em contextos de controle de qualidade, pesquisa científica e tomada de decisão baseada em dados (MONTGOMERY, 2009).

A construção do gráfico de dispersão baseia-se na representação de pares de observações em um plano cartesiano, onde a variável independente ocupa o eixo das abscissas (x) e a variável dependente é posicionada no eixo das ordenadas (y). A configuração dos pontos no gráfico pode sugerir diferentes tipos de relação entre as variáveis, como associação direta, inversa, ausência de correlação ou padrões não lineares. Conforme destacado por Hair et al. (2009), esse tipo de visualização

desempenha um papel crucial na análise exploratória, auxiliando na formulação de hipóteses iniciais e na definição de abordagens estatísticas mais apropriadas.

Além de sua utilidade analítica, o gráfico de dispersão também desempenha papel importante na comunicação de resultados. Sua clareza visual facilita o entendimento por diferentes públicos, inclusive não técnicos, promovendo decisões mais informadas e fundamentadas.

Contudo, autores como Triola (2011) alertam para a interpretação precipitada de padrões visuais, especialmente em amostras pequenas ou com presença de outliers. Por isso, recomenda-se o uso do gráfico de dispersão em conjunto com outras ferramentas estatísticas e com o suporte de conhecimento contextual sobre os dados analisados.

2.6 5W2H

A ferramenta 5W2H é uma metodologia gerencial voltada à estruturação de planos de ação de forma clara, objetiva e sistemática. A sigla é derivada de sete perguntas fundamentais, oriundas do inglês: What, Why, Where, When, Who, How e How much, ou seja: O que será feito? Por que será feito? Onde será feito? Quando será feito? Quem fará? Como será feito? Quanto custará?

Segundo Campos (2004), essa ferramenta tem origem nas práticas de gerenciamento japonês e passou a integrar o conjunto de instrumentos utilizados na gestão da qualidade total (TQM – Total Quality Management). Sua aplicação permite que organizações sistematizem suas ações corretivas, preventivas ou de melhoria contínua, garantindo clareza quanto às responsabilidades, prazos, objetivos e recursos necessários.

A estrutura do 5W2H pode ser representada conforme o seguinte desdobramento:

Quadro 1 - 5W2H - Fonte: Campos (2004)

| Elemento | Pergunta-chave | Finalidade da questão |
|-----------------|-----------------------|---|
| <i>What</i> | O que será feito? | Define o objetivo ou ação principal |
| <i>Why</i> | Por que será feito? | Justifica a ação com base em evidências |
| <i>Where</i> | Onde será feito? | Determina o local ou setor de aplicação |
| <i>When</i> | Quando será feito? | Estabelece o cronograma da ação |
| <i>Who</i> | Quem fará? | Define os responsáveis |
| <i>How</i> | Como será feito? | Especifica os métodos ou procedimentos |
| <i>How much</i> | Quanto custará? | Determina os custos envolvidos |

Para Slack et al. (2009), a força do 5W2H reside na simplicidade e abrangência, sendo útil não apenas no ambiente fabril, mas também em serviços, projetos administrativos, saúde pública e setores logísticos. A ferramenta funciona como uma espécie de *checklist estratégico*, promovendo uma execução organizada, com maior rastreabilidade e acompanhamento.

Paladini (2012) ressalta que o 5W2H é frequentemente utilizado em conjunto com outras ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa ou a Matriz GUT, sendo a etapa de desdobramento operacional das causas identificadas e priorizadas. Dessa forma, sua função está centrada na transformação do diagnóstico em ação concreta, documentada e monitorada.

Além disso, o 5W2H promove maior comprometimento da equipe, uma vez que define responsabilidades com clareza, evitando duplicidade de esforços ou omissões. Segundo Falconi (2009), a clareza na definição de “quem faz o quê” e “em qual prazo” é decisiva para o sucesso de qualquer plano de ação no contexto de melhoria contínua.

No entanto, sua efetividade está condicionada à consistência e à qualidade dos dados obtidos. Se as respostas forem vagas ou genéricas, o plano resultante

tende a ser ineficaz. Por esse motivo, Maximiano (2011) recomenda que o 5W2H seja aplicado por equipes multidisciplinares, a fim de enriquecer o conteúdo das respostas com diferentes perspectivas técnicas e operacionais.

Dessa forma, o 5W2H se configura como uma ferramenta essencial na transição entre o planejamento e a execução, oferecendo suporte pragmático à implementação de ações e assegurando coerência entre o diagnóstico e os resultados esperados.

2.7 NBR 13523:2019

Figura 2 - Exemplo de central de GLP - Fonte: O autor



A NBR 13523:2019, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece os critérios para o projeto, montagem, alteração e segurança das centrais de GLP. Essa norma é essencial para garantir a conformidade técnica e a segurança das instalações que utilizam GLP em diferentes setores, como comercial, industrial e residencial. O cumprimento das diretrizes normativas contribui para a prevenção de acidentes e otimiza a eficiência operacional das instalações de gás (ABNT, 2019).

A norma NBR 13523 desempenha um papel essencial na promoção da segurança e da eficiência em instalações que utilizam GLP, ao mesmo tempo em que contribui para a uniformização das práticas adotadas no setor. Por meio da definição

de critérios técnicos específicos, a norma orienta o correto planejamento e execução dos sistemas, reduzindo a probabilidade de falhas e riscos associados ao uso do gás.

Cumprir as normas e regulamentações é uma maneira eficaz de garantir a qualidade das obras e reduzir a ocorrência de não conformidades. O cumprimento da NBR 13523 também proporciona uma base sólida para avaliar a qualidade das instalações de GLP, contribuindo para uma gestão eficaz e a conformidade com as exigências legais e regulatórias.

A NBR 13523 destaca pontos importantes para um consumo seguro de GLP, tais como:

- Localização e afastamentos mínimos: Define os requisitos de posicionamento dos recipientes de GLP em relação a edificações, vias públicas e fontes de ignição, garantindo um afastamento seguro para minimizar riscos de explosões ou vazamentos (ABNT, 2019).
- Projeto e instalação: Estabelece as especificações técnicas para tubulações, válvulas, reguladores de pressão e demais componentes do sistema, assegurando a integridade e funcionalidade da central de GLP (Mendes, 2021).
- Proteção contra incêndio: Determina a necessidade de medidas preventivas, como barreiras de contenção e sistemas de combate a incêndios, essenciais para mitigar riscos em caso de vazamento ou combustão acidental (ABNT, 2019).
- Identificação e sinalização: É necessário instalar placas informativas e sinalizações apropriadas que orientem operadores e usuários sobre os procedimentos de segurança e ações em caso de emergência (LIMA; COSTA, 2022)

2.8 Dashboard - Power Bi

Em um contexto de crescente complexidade nos processos organizacionais, a gestão baseada em dados (*data-driven management*) tornou-se essencial para a tomada de decisões ágeis, assertivas e orientadas por evidências. Nessa perspectiva, os dashboards, também conhecidos como painéis de controle gerenciais, destacam-se como instrumentos visuais que integram, organizam e apresentam informações críticas de forma simplificada, dinâmica e em tempo real.

Segundo Few (2006), um dashboard eficaz é “um painel de instrumentos visual projetado para transmitir, com clareza e rapidez, os dados mais relevantes necessários para atingir objetivos específicos.” Sua função principal é fornecer visibilidade imediata dos indicadores-chave de desempenho (KPIs), facilitando a identificação de desvios e o acompanhamento do progresso de ações e projetos.

Dashboards podem assumir diferentes formatos, desde planilhas com gráficos dinâmicos até plataformas especializadas de *Business Intelligence* (BI), que integram bases de dados, promovem visualizações interativas e permitem análises multivariadas. A evolução dessas ferramentas tem sido impulsionada pela necessidade das organizações de lidar com grandes volumes de dados em tempo real, aumentando a agilidade operacional e a capacidade de resposta a eventos críticos (Laursen & Thorlund, 2016).

Entre as plataformas mais utilizadas no mercado atual, destaca-se o Microsoft Power BI, uma solução de BI que permite a criação de dashboards dinâmicos, relatórios interativos e análises preditivas por meio da integração com diversas fontes de dados, como CRMs, ERPs, planilhas e bancos de dados SQL. De acordo com a Microsoft (2022), o Power BI permite que empresas transformem dados brutos em insights estratégicos por meio de modelos de dados visuais, linguagem natural de consulta e recursos de inteligência artificial.

Segundo Eckerson (2011), os dashboards não se limitam à simples exibição de dados; eles funcionam como instrumentos de governança da informação, permitindo que os gestores acompanhem em tempo real os processos sob sua supervisão. Essa funcionalidade contribui para a promoção da transparência, da rastreabilidade e da *accountability*. Tal característica é particularmente relevante em áreas operacionais como construção civil, logística e instalações industriais, onde o controle rigoroso de prazos, recursos e gargalos influencia diretamente o desempenho organizacional.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

Esta pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos. No aspecto qualitativo, busca-se compreender,

descrever e interpretar os fenômenos observados no ambiente operacional de uma empresa atuante no setor de GLP, com ênfase na análise dos fatores que impactam o tempo de execução das obras de centrais de gás. Conforme apontam Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa tem como objetivo interpretar os significados atribuídos pelos indivíduos aos fenômenos sociais, priorizando a compreensão dos contextos em que ocorrem, em vez da busca por generalizações estatísticas.

Simultaneamente, a pesquisa também adota uma abordagem quantitativa, ao realizar análises estatísticas com base nas 90 obras. Foram aplicadas ferramentas para testar hipóteses, gráficos de dispersão, cálculo de medidas descritivas e testes não paramétricos (como Kolmogorov-Smirnov e Brunner-Munzel). Segundo Richardson (2017), a pesquisa quantitativa busca quantificar informações, permitindo comparações objetivas e validação empírica das hipóteses levantadas.

3.2 Objeto e Sujeitos da Pesquisa

O objeto desta pesquisa foi a execução de obras de instalação de centrais de GLP, com foco na análise do tempo de execução e dos fatores que afetam negativamente esse indicador. A empresa estudada é uma das líderes globais na comercialização de GLP e energia. Com atuação consolidada em diversos mercados internacionais e presença significativa em todo o território brasileiro.

Os sujeitos da pesquisa foram os profissionais envolvidos diretamente na gestão e execução das obras, incluindo engenheiros de projeto, prestadores de serviço terceirizados (responsáveis pelas etapas de civil, montagem e comissionamento), técnicos da área de liberação, consultores comerciais e membros da equipe administrativa que realizam a roteirização de fretes, emissão de ordens de serviço e acompanhamento de status no Salesforce. Segundo Vergara (2004), os sujeitos de pesquisa são aqueles que fornecem dados por meio de sua participação, observação ou relato, sendo indispensáveis para a coleta e interpretação das informações.

3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados envolveu tanto fontes primárias quanto secundárias, e ocorreu entre maio e junho de 2025, período em que foram analisadas 90 obras de

centrais de gás distribuídas nos estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e no município de Juazeiro do Norte, no Ceará. Os dados primários foram obtidos por meio de:

- Foram utilizados relatos espontâneos e conversas informais com gestores, técnicos e prestadores de serviço, sem a aplicação de roteiros estruturados. Complementarmente, realizou-se a análise de dados extraídos diretamente do sistema *Salesforce*, o qual fornece informações detalhadas sobre o andamento das obras, pendências registradas, tempo total de execução e histórico de ocorrências.

Os dados secundários foram extraídos de documentos internos, como planilhas consolidadas de obras, relatórios de desempenho mensal e registros de chamados técnicos.

3.4 Análise de Dados

A análise dos dados foi realizada por meio de abordagem qualitativa e quantitativa. Segundo Bardin (2011), a análise qualitativa busca compreender o conteúdo latente das informações, explorando categorias e padrões que emergem dos dados. Já a análise quantitativa envolve a mensuração e o tratamento estatístico de variáveis numéricas, possibilitando comparações objetivas. O tratamento estatístico dos dados deste estudo foi feito por meio do software Python v.3.13.

3.5 Método de trabalho

A realização deste estudo contou com a participação ativa de uma equipe multidisciplinar formada por um coordenador, dois técnicos de campo e dois assistentes administrativos, responsáveis pelas obras nos estados de PE, AL, PB e Juazeiro do Norte (CE). A equipe esteve envolvida em todas as etapas de aplicação das ferramentas da qualidade, assegurando uma análise prática e alinhada à realidade operacional.

- Levantamento inicial: Com base na pergunta norteadora “Quais fatores impactam negativamente o prazo das obras?”, a equipe utilizou o Brainstorming para identificar os principais pontos críticos, apoiando-se em dados do CRM e na experiência direta com prestadores e clientes.
- Classificação dos problemas: As causas levantadas foram organizadas no Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), distribuídas entre os eixos Método, Material, Mão de Obra, Meio Ambiente, Máquina e Medida.
- Priorização: Os 10 problemas mais recorrentes foram definidos por meio do Diagrama de Pareto. Em seguida, aplicou-se a Matriz GUT para avaliar a gravidade, urgência e tendência de cada um.
- Plano de ação: Com base na ferramenta 5W2H, foram estruturadas ações corretivas, com responsáveis, prazos e recursos definidos.
- Ferramenta de monitoramento: Por fim, foi desenvolvido um dashboard no Power BI, integrado ao Salesforce, permitindo o acompanhamento em tempo real das obras e facilitando a tomada de decisões com base em dados.

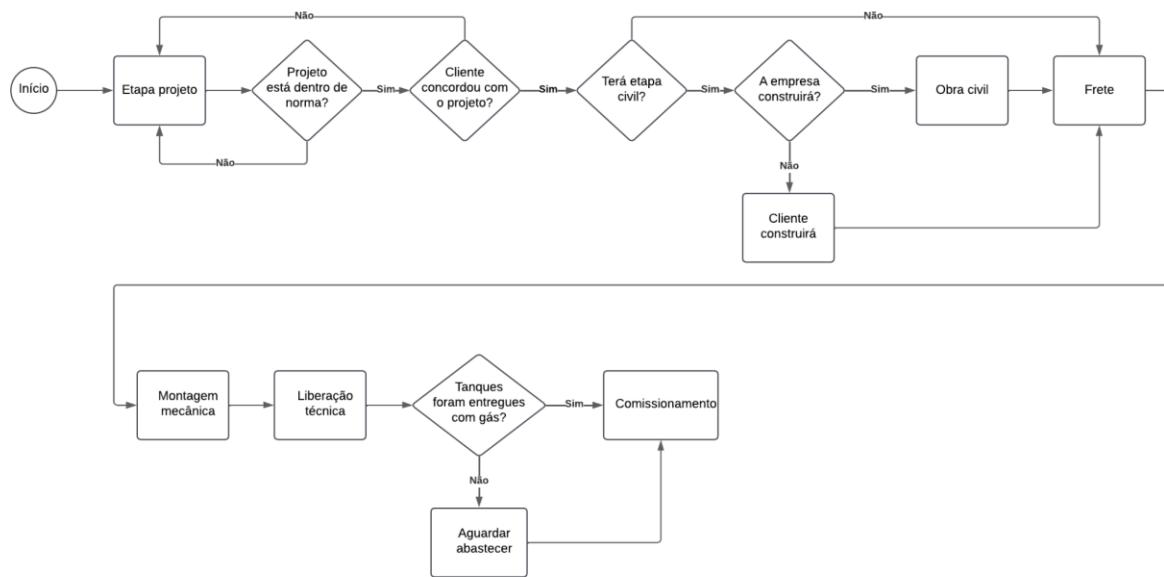
4 ESTUDO DE CASO

4.1 Caracterização da Empresa

O presente estudo de caso foi conduzido em uma empresa multinacional de grande porte, considerada uma das líderes globais na comercialização de GLP e energia. Com operações consolidadas em diversos países e forte presença no território nacional, a organização analisada atua de forma destacada no segmento de instalações industriais de GLP a granel, atendendo clientes dos mais variados setores econômicos, incluindo indústrias, estabelecimentos comerciais como restaurantes e lanchonetes, redes hoteleiras, hospitais, aviários e entre outros.

A estrutura da empresa contempla uma divisão estratégica voltada exclusivamente às obras, cujo escopo compreende desde o desenvolvimento do projeto técnico até a conexão do sistema à rede de abastecimento. O processo de execução dessas obras obedece a um fluxo sequencial estruturado, dividido em seis macro etapas operacionais: (1) Projeto; (2) Obra civil; (3) Frete; (4) Montagem mecânica; (5) Liberação técnica; e (6) Comissionamento.

Figura 3 - Etapas do processo - Fonte: O autor



Conforme demonstrado na Figura 3, o processo tem início com a elaboração do projeto técnico, etapa na qual é avaliada a viabilidade da instalação da central de gás segundo os requisitos da norma NBR 13523:2019. Caso o projeto não atenda integralmente às exigências técnicas ou normativas, ele retorna para revisão, gerando

retrabalho e comprometendo o prazo total da obra. Após a validação técnica, o projeto é submetido à apreciação do cliente para obtenção de sua aprovação. Eventuais discordâncias nesta fase interrompem novamente o fluxo, exigindo uma nova rodada de negociações e ajustes no escopo, o que pode acarretar atrasos substanciais.

Uma vez aprovado o projeto, verifica-se a necessidade de execução da obra civil, momento decisivo para o cronograma. Concluída a etapa civil, segue-se com o transporte do tanque até o local da instalação (frete), seguido pela montagem mecânica, que compreende a instalação física dos componentes operacionais da central. Na sequência, realiza-se a liberação técnica, etapa de vistoria de conformidade com base em um checklist normativo. Por fim, verifica-se se os tanques foram entregues previamente abastecidos com gás; caso positivo, procede-se diretamente ao comissionamento. Caso contrário, é necessário aguardar o abastecimento.

4.2 Brainstorming

Após o mapeamento da amostra e a coleta sistemática de dados, a primeira ferramenta da qualidade aplicada foi o Brainstorming, com o objetivo de levantar, de maneira estruturada, as principais causas dos atrasos observados nas obras de centrais de GLP. Esta etapa representou o início da fase analítica do trabalho e foi conduzida em ambiente colaborativo, com a participação ativa de cinco integrantes da equipe de instalações industriais da empresa: um coordenador, dois técnicos de campo e dois assistentes administrativos. A composição multidisciplinar garantiu a convergência de diferentes visões do processo, ampliando o escopo e a profundidade da discussão.

A dinâmica do *brainstorming* partiu da seguinte pergunta norteadora: “Quais são os principais fatores que, na prática, têm impactado negativamente o prazo de execução das obras?”. As respostas foram registradas em tempo real, respeitando os princípios clássicos da ferramenta: quantidade de ideias em vez de qualidade imediata, liberdade de expressão e estímulo à construção colaborativa.

Como resultado, foram elencados 27 problemas distintos, que posteriormente foram organizados em categorias temáticas. As categorias identificadas foram:

Quadro 2 - Execução do Brainstorming - Fonte: O autor

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| Problemas de origem comercial | Pedido para segurar a obra para o mês seguinte. | Meta de vendas influenciando o cronograma de execução. | Priorização pessoal dos consultores. | Investimento insuficiente para arcar com todos os custos da obra |
| Dificuldades relacionadas ao cliente | Cliente sem pressa para construir | Indecisão do cliente quanto à instalação | Cliente não concordar com adequações técnicas exigidas | Cliente querer consumir o gás da concorrência |
| | Cliente sem inscrição estadual, impossibilitando faturamento | Cliente sem empenho (em casos de órgãos públicos) | Inauguração futura postergando o andamento da obra | |
| Falhas no projeto técnico | Projeto elaborado de forma errada | Má interpretação de normas técnicas pelos projetistas | Projeto não contemplando visitas técnicas prévias ao local de instalação | |
| Problemas de suprimentos e estoque | Falta de materiais essenciais para execução | Falta de tanque disponível no almoxarifado | Falta de mão de obra para instalação de componentes especiais (como vaporizadores e cavaletes) | Falta de cavalete pitstop ou falta de vaporizador. |
| Problemas logísticos e de transporte | Alta demanda sobre os prestadores, impactando prazos | Portões das centrais estão com o prazo de entrega atrasados | Inventário da base impedindo a saída de materiais | Erro de rota durante o transporte dos tanques |
| | Demora para entregar os tanques no cliente | | | |

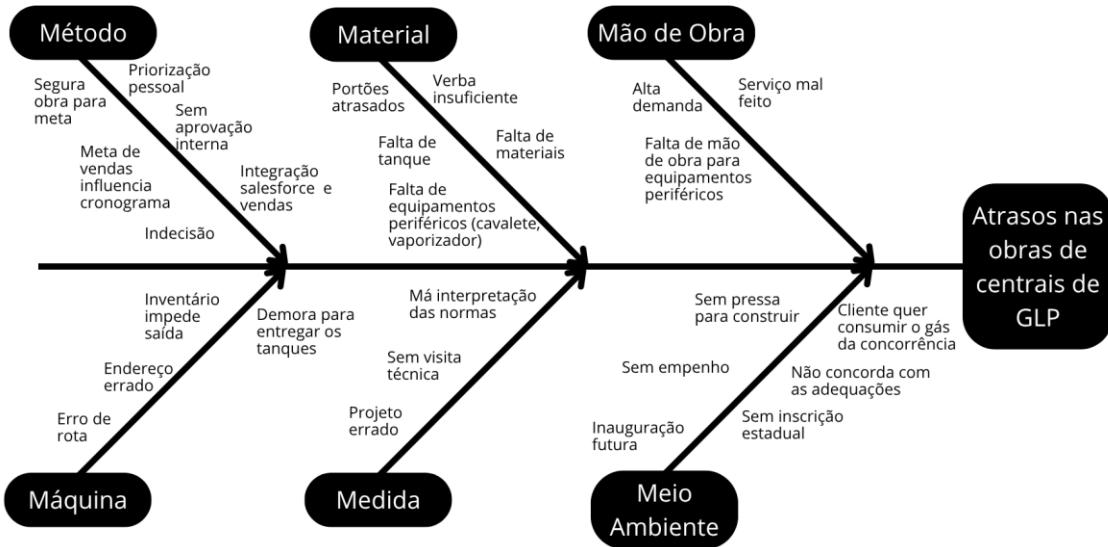
| | | | | |
|--|--|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Questões sistêmicas e operacionais internas | Endereço errado cadastrado nos sistemas internos | Sem aprovação interna para execução | Dificuldades de integração entre os módulos de vendas e operações dentro do ambiente Salesforce | Serviço mal feito exigindo retrabalho |
|--|--|-------------------------------------|---|---------------------------------------|

4.3 Diagrama de Causa e Efeito

Com base na sistematização das informações obtidas por meio do Brainstorming com a equipe multidisciplinar envolvida, os fatores que influenciam a duração das obras foram categorizados nos seis eixos do Diagrama de Causa e efeito, conforme a Figura 4. Essa estruturação permitiu compreender com maior clareza as origens dos principais gargalos do processo produtivo, evidenciando como a aplicação integrada das ferramentas da qualidade favorece a análise sistemática dos atrasos.

Essa organização permitiu compreender, de forma estruturada, as origens dos principais gargalos observados ao longo do processo.

Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito - Fonte: O autor



No eixo Método, foram alocados problemas relacionados a decisões administrativas e falhas processuais que comprometem diretamente o fluxo de execução das obras. Entre os principais fatores estão o pedido deliberado para “segurar a obra para o mês seguinte” e a influência direta das metas de vendas no cronograma técnico, que causam a paralisação de etapas já viáveis com o objetivo de atender a interesses comerciais. Soma-se a isso a priorização pessoal por parte de consultores, que podem interferir na ordem técnica ideal de execução, e a ausência de aprovação interna para o início das atividades. Ainda nesse eixo, destacam-se dificuldades de integração entre os módulos de vendas e operações no sistema Salesforce, bem como retrabalhos decorrentes de serviços executados sem a devida padronização.

O eixo Material contempla as limitações físicas que afetam a execução das obras, como a falta de materiais essenciais (tanques, cavaletes e vaporizadores), frequentemente agravada pela indisponibilidade desses itens no almoxarifado. Também se enquadram nesse eixo os atrasos na entrega de portões metálicos — frequentemente de responsabilidade do cliente — e as dificuldades de investimento por parte da empresa para arcar com os custos totais da obra. Essas restrições impactam diretamente o ritmo de instalação, gerando remarcações e deslocamentos adicionais da equipe técnica.

No eixo Mão de Obra, foram agrupadas questões relacionadas à disponibilidade e priorização dos prestadores de serviço. A alta demanda sobre os instaladores compromete os prazos de execução, especialmente em regiões mais distantes, onde há escassez de mão de obra especializada. Além disso, há situações em que os profissionais priorizam obras mais próximas ou de menor complexidade, desrespeitando a ordem planejada, o que contribui para a desorganização do cronograma.

O eixo Meio Ambiente abrange fatores externos à empresa, majoritariamente relacionados ao comportamento e à postura do cliente. Entre eles, destaca-se a ausência de urgência para a construção, a postergação da inauguração do estabelecimento, a preferência por consumir o gás remanescente do fornecedor anterior antes de iniciar a nova instalação e a não concordância com as adequações civis exigidas. Situações como a ausência de inscrição estadual (que inviabiliza o faturamento) e o descompromisso em obras públicas também figuram como entraves que a empresa não consegue controlar diretamente, mas que afetam significativamente o andamento das atividades.

Já o eixo Máquina reúne falhas operacionais e logísticas, como o impedimento da saída de materiais durante inventários não programados, o erro de rota no transporte dos tanques, a demora na entrega desses equipamentos ao cliente e o registro incorreto de endereços nos sistemas internos, o que leva a entregas em locais errados. Esses fatores operacionais, apesar de parecerem pontuais, comprometem o fluxo geral da obra e exigem replanejamento e retrabalho.

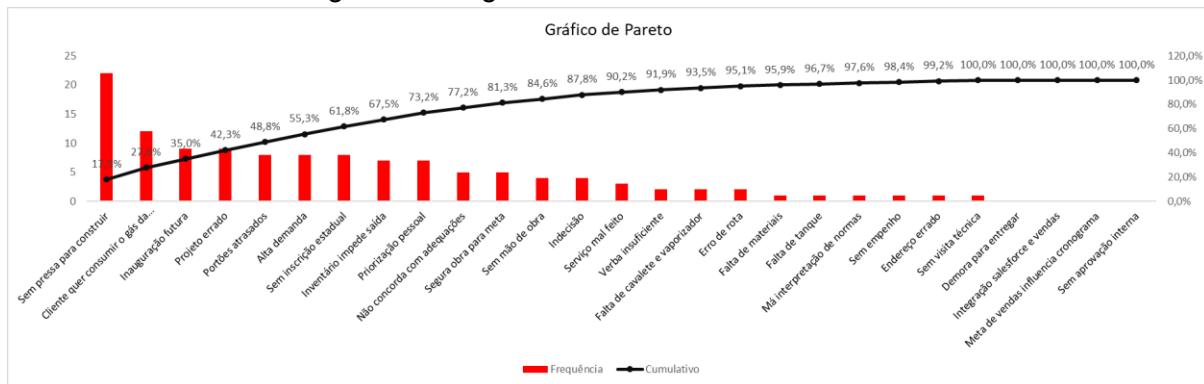
O eixo Medida agrupa causas relacionadas à ausência de padrões técnicos e procedimentos formais. Entre os principais pontos estão a elaboração de projetos sem visita técnica prévia, falhas de interpretação das normas técnicas pelos projetistas e erros conceituais nos projetos entregues. Esses fatores geram retrabalho, atrasos e, em muitos casos, a necessidade de iniciar novamente a etapa de projeto, comprometendo todo o cronograma subsequente.

4.4 Diagrama de Pareto

Após a categorização dos principais problemas identificados durante a execução das 90 obras analisadas, procedeu-se à elaboração do Gráfico de Pareto.

A Figura 5 evidencia o princípio de Pareto. As cinco causas mais prevalentes — “sem pressa para construir” (22 registros), “cliente quer consumir o gás da concorrência” (12), “Inauguração futura” (11), “Projeto errado” (9) e “Portões atrasados” (8) — somam, conjuntamente, 49,6% das ocorrências. Esse resultado confirma a existência de um núcleo restrito de fatores com elevada influência sobre os atrasos registrados.

Figura 5 - Diagrama de Pareto - Fonte: O autor



A principal causa isolada foi a ausência de urgência por parte do cliente (“sem pressa para construir”), representando 17,89% do total. Essa situação é típica de casos em que o contratante ainda não possui data definida para o início do consumo ou opta por postergar a construção da central, geralmente por razões estratégicas internas. Em segundo lugar, destaca-se o fator “cliente quer consumir o gás da concorrência” (9,6%), que aponta para um descompasso entre a aprovação contratual e a intenção real de ativação da obra, resultando em ordens estagnadas por tempo indeterminado.

Em seguida, o problema “inauguração futura” aparece com 8,8% das ocorrências. As categorias “projeto errado” (7,2%) e “portões atrasados” (6,4%) completam o grupo das cinco principais causas, reforçando o papel decisivo do cliente no andamento da obra.

4.5 Matriz GUT

Com base nas categorias estruturadas no Diagrama de Causa e Efeito, tornou-se necessário estabelecer uma hierarquia de tratamento entre os problemas identificados, de modo a orientar a tomada de decisão de forma eficaz.

Abaixo estão os resultados da pontuação aplicada aos dez problemas mais críticos identificados anteriormente, com base em uma escala de 1 a 5.

Quadro 3 - Execução da Matriz GUT

| Problema | G | U | T | Prioridade |
|--|---|---|---|------------|
| Obras com responsabilidade civil do cliente (Sem pressa para construir) | 5 | 5 | 5 | 125 |
| Inauguração futura | 5 | 5 | 4 | 100 |
| Projeto errado | 4 | 4 | 5 | 80 |
| Cliente quer consumir o gás da concorrência | 4 | 4 | 4 | 64 |
| Priorização pessoal (Time comercial pede para iniciar ou parar uma obra) | 4 | 3 | 3 | 36 |
| Alta demanda | 3 | 3 | 4 | 36 |
| Portões atrasados | 3 | 3 | 3 | 27 |
| Não concorda com adequações civis | 3 | 3 | 3 | 27 |
| Sem inscrição estadual | 3 | 2 | 3 | 18 |
| Inventário impede saída | 2 | 2 | 2 | 8 |

A análise do Quadro 3 evidencia que o problema “Obras com responsabilidade civil do cliente” alcançou o maior escore (125), refletindo seu alto impacto no processo produtivo. Essa condição, frequentemente associada à ausência de comprometimento do cliente com prazos claros, tende a desorganizar o fluxo operacional. Em muitos casos, a execução da obra civil está vinculada à inauguração futura do estabelecimento, sem data definida, o que compromete seriamente a previsibilidade da entrega e o aproveitamento dos recursos alocados.

Na sequência, o item “Inauguração futura” (100 pontos) representa os casos em que o cliente opta por postergar a ativação da instalação, mesmo com o projeto tecnicamente viável, esperando a abertura do negócio.

Em 3º, encontra-se o item “Projeto errado”, com pontuação 80, também representa um dos principais gargalos operacionais. Falhas na elaboração técnica exigem retrabalho e revalidação. Outro ponto de destaque é o fator “Cliente quer consumir o gás da concorrência” (64 pontos), que se refere a situações em que o cliente está em processo de migração entre fornecedores, mas a instalação da nova central ocorre em um momento inoportuno. Nesses casos, embora o contrato com a nova fornecedora já esteja formalizado, a execução da obra precisa ser postergada até que o cliente consuma o volume remanescente de gás do fornecedor anterior. Tal condição impõe à equipe técnica a necessidade de aguardar a finalização do consumo antes de prosseguir com a instalação.

Já as questões como “Priorização pessoal” (Quando o time comercial pede a paralisação e/ou continuação de uma obra para iniciar/continuar outra), “Alta demanda de prestadores”, “Portões atrasados” e “Não concorda com adequações civis”, com escores entre 27 e 36 pontos, ilustram entraves operacionais e logísticos que, embora não estejam entre os mais graves individualmente, possuem alta frequência e impacto acumulado.

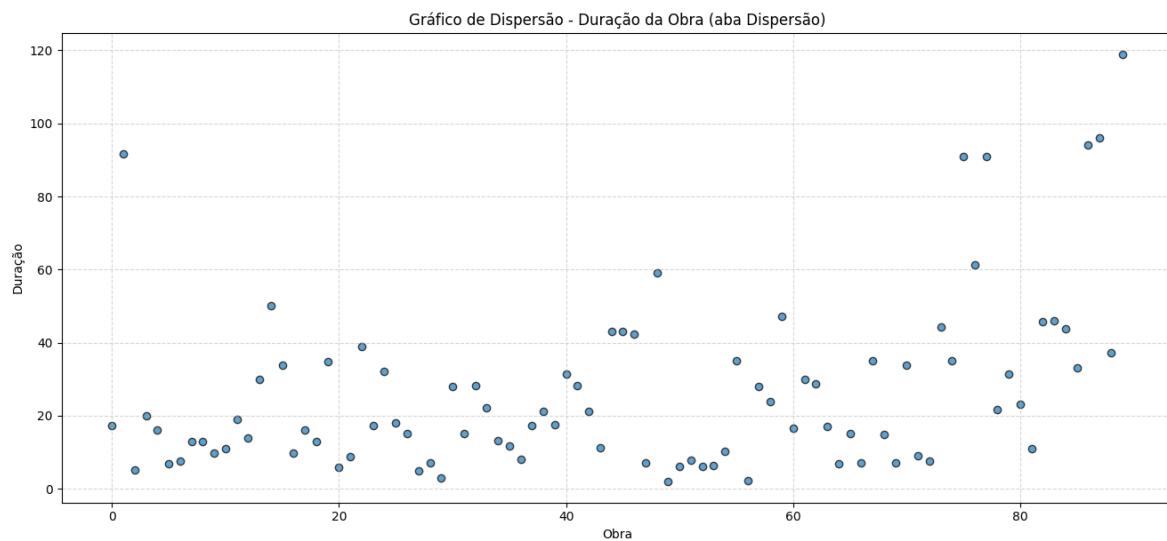
Nas últimas posições encontram-se: “Inventário impede saída” e “Ausência de inscrição estadual”. O primeiro refere-se à impossibilidade de retirada de materiais do almoxarifado nos dias destinados à contagem de estoque, o que interrompe o fornecimento de insumos essenciais e pode comprometer o andamento da obra. Já a “Ausência de inscrição estadual”, embora apresente uma pontuação mais baixa, representa um entrave de natureza fiscal que inviabiliza o faturamento e liberação dos materiais

4.6 Avaliação estatística

Com o objetivo de comprovar estatisticamente o impacto do problema "Sem pressa para construir", apontado como o principal fator responsável pelos atrasos na entrega das obras, foi realizada uma análise quantitativa dos dados. A Figura 6 apresenta um gráfico de dispersão, no qual o eixo das abscissas representa os índices atribuídos aos clientes, enquanto o eixo das ordenadas indica os respectivos

tempos de execução das obras. Essa representação gráfica permite observar possíveis correlações entre os dois conjuntos de variáveis, contribuindo para a fundamentação empírica da análise realizada.

Figura 6 - Gráfico de Dispersão - Fonte: O autor



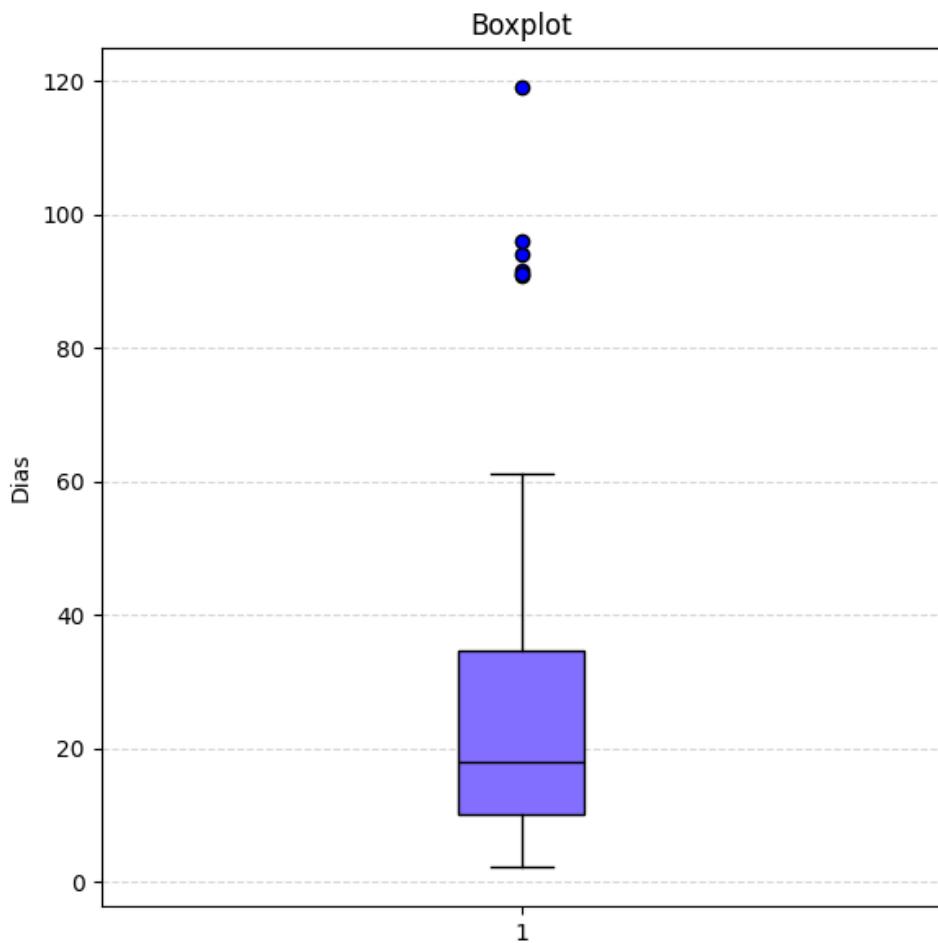
A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas referentes aos tempos de execução das obras como um todo.

Tabela 1 - Estatística Descritiva - Fonte: O autor

| Medida | Valor |
|-----------------|----------|
| Média | 26 dias |
| Desvio padrão | 24 dias |
| 1º Quartil (Q1) | 10 dias |
| Mediana (Q2) | 18 dias |
| 3º Quartil (Q3) | 34 dias |
| Mínimo | 2 dias |
| Máximo | 119 dias |

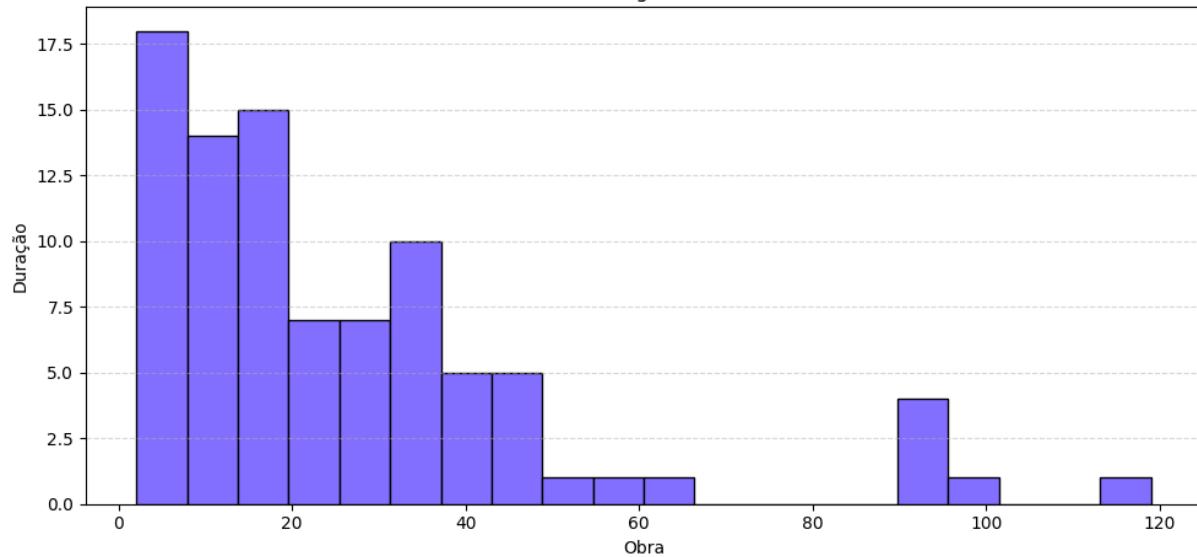
A análise considerou 90 registros válidos, com tempo médio de execução em torno de 26 dias e desvio padrão de 24 dias, resultando em um coeficiente de variação de 0,907, o que indica alta dispersão relativa. A mediana, fixada em 18 dias, aponta para uma distribuição assimétrica à direita, reforçada pela ocorrência de valores extremos, como obras que chegaram a durar até 119 dias. O menor tempo observado foi de apenas 2 dias, evidenciando a existência de casos de rápida conclusão. Os quartis inferior e superior situam-se em 10 e 34 dias, respectivamente, configurando uma amplitude interquartil de 24 dias. Essa faixa representa os 50% centrais da amostra e indica uma concentração moderada de valores em torno da mediana. O box-plot na Figura 7 mostra a presença de outliers para o limite superior do tempo de duração das obras. Esses outliers foram excluídos das análises subsequentes.

Figura 7 - Boxplot - Fonte: O autor



A Figura 8 evidencia uma distribuição assimétrica à direita, com maior concentração de obras nos intervalos de menor duração e uma cauda estendida em direção a valores mais altos.

Figura 8 - Histograma - Fonte: O autor
Histograma



É possível observar que a maioria das obras está concentrada em faixas de duração entre 10 e 30 dias, o que sugere que esse é o intervalo mais comum de execução. No entanto, há uma quantidade não desprezível de obras com durações superiores a 40 dias, e casos extremos que ultrapassam 100 dias, o que contribui para o alargamento da cauda da distribuição.

Mesmo que determinados problemas causem atrasos aparentemente pequenos — como 3, 4 ou 5 dias — esses desvios representam um impacto proporcional relevante, da ordem de 11% a 18% no prazo total. Como a empresa prioriza a entrega com velocidade, qualidade e, sobretudo, segurança, qualquer acréscimo desse porte compromete diretamente sua performance operacional e a satisfação do cliente. Além disso, obras cuja duração ultrapassa 45 dias são consideradas fora do padrão aceitável, por apresentarem indícios de causas especiais. Nessas situações, a recomendação é de investigação aprofundada, com adoção de ações corretivas específicas para evitar reincidência. Por esse motivo, as obras com mais de 45 dias de duração foram excluídas da presente análise.

Visando identificar diferenças significativas no tempo de execução das obras, considerando um contexto em que a central de gás é executada pelo cliente (grupo

1) ou, ainda, nos casos em que a responsabilidade foi atribuída à empresa (grupo 2), procedeu-se à realização de um teste de hipótese para examinar o seguinte par de comparações:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$ (a média de duração das obras com construção civil realizada pela empresa é igual à média das obras cuja construção é de responsabilidade do cliente);
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (as médias de duração são diferentes).

A estatística descritiva dos dados pertencentes aos grupos 1 e 2 são apresentadas na Tabela 2.

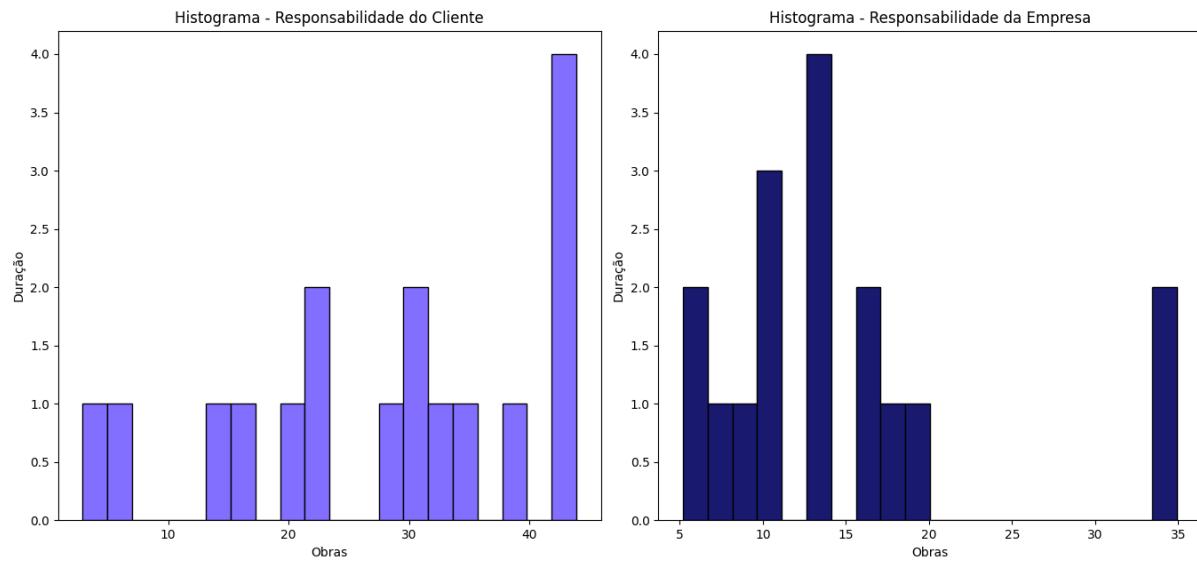
Tabela 2 - Estatística Descritiva - Responsabilidade do Cliente X Empresa - Fonte: O autor

| Medida | Cliente grupo 1 | Empresa grupo 2 |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| Média | 28,01 | 16,61 |
| Desvio padrão | 12,36 | 10,28 |
| Variância | 152,87 | 105,62 |
| 1º Quartil (Q1) | 19,9 | 7,8 |
| Mediana (Q2) | 30 | 13,8 |
| 3º Quartil (Q3) | 38,9 | 21,6 |
| Mínimo | 3 | 2 |
| Máximo | 44 | 44 |
| Intervalo interquartil (IQR) | 19 | 13,8 |
| Assimetria | -0,44 | 0,78 |

Antes de proceder à comparação entre as médias, foi realizada a verificação da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, conforme

recomendado por Doane e Seward (2014). A hipótese nula preconiza a normalidade dos dados, a qual foi rejeitada em ambos os grupos (grupo 1: $KS = 0,9981$, $p\text{-valor} \approx 8,0498 \times 10^{-47}$ e grupo 2: $KS = 0,9821$, $p\text{-valor} \approx 4,70 \times 10^{-107}$).

Figura 9 - Histograma Cliente x Empresa - Fonte: O autor



Sendo que os dados não seguem uma distribuição normal (conforme Figura 9) e assumindo que as variâncias são diferentes (Doane e Seward, 2014), optou-se pelo uso do teste não-paramétrico de Brunner-Munzel (Brunner and Munzel, 2000; Neubert, K. and Brunner, 2007). Este teste foi utilizado para testar a hipótese nula de igualdade estocástica dos grupos 1 e 2. A estatística $W = 3,411$ do teste gerou um valor p igual a 0,0025, o que leva a rejeição da hipótese nula para um nível de significância de 0,05.

4.7 5W2H

Diante da constatação de que as obras com responsabilidade civil atribuída ao cliente apresentam tempo médio de execução significativamente superior àquelas conduzidas diretamente pela empresa, tornou-se necessário propor um plano de ação voltado à mitigação desta problemática.

Quadro 4 - Execução do 5W2H - Fonte: O autor

| What (O que será feito) | Why (Por que será feito) | Where (Onde) | When (Quando) | Who (Por quem) | How (Como será feito) | How Much (Quanto custará) |
|---|--|---|----------------------|---|---|----------------------------------|
| Formalizar prazos contratuais para execução civil pelo cliente | Reducir indefinições que impactam a previsibilidade do cronograma | Novos contratos comerciais e aditivos de contratos em andamento | Em até 45 dias | Jurídico e Comercial | Inserção de cláusula obrigatória com prazos máximos para execução e penalidades por inércia | Interno – sem custo direto |
| Implementar uma diretriz de acompanhamento semanal para clientes com pendências na etapa de obra civil. | Antecipar riscos de paralisação prolongada. | Obra em campo (clientes com pendência de execução) | Imediato e contínuo | Técnico de campo e suporte administrativo | Roteiro padrão de contato + registro em CRM das tratativas e previsão de conclusão | Interno - Sem custo |
| Avaliar viabilidade de assumir a execução civil em obras estratégicas | Reducir impactos em clientes de alto valor ou risco de remobilização | Obras com alto valor ou impacto logístico | Análise caso a caso | Time de instalações industriais | Matriz de criticidade que analise custo x impacto de assumir civil | Custo variável por obra |
| Aplicar política de ranqueamento de clientes com baixa performance . | Criar visibilidade interna sobre clientes que comprometem os prazos | CRM e dashboard - Power Bi | Semanalmente. | Time de instalações industriais | Implementar ranking de atraso médio por cliente para priorização de acompanhamento e ações comerciais | Interno |
| Padronizar o envio de orientações técnicas | Minimizar retrabalho por execução | E-mail e documentação de projeto | Imediato | Equipe de projetos | Criar um kit de orientação padrão com | Baixo custo |

| | | | | | | |
|---|--|----------------------|------------------------------|-------------------------------------|---|----------|
| para construção civil pelo cliente | fora do padrão | | | | fotos, especificações e cronograma modelo | |
| Reforçar a comunicação dos riscos de atraso na fase de venda | Promover desde o início da relação comercial um entendimento comum e o comprometimento entre as partes envolvidas. | Prospecção comercial | Treinamentos em até 30 dias. | Comercial e Instalações Industriais | Inserir roteiro de abordagem no processo de venda e simular cronograma ideal vs. real | Interno |
| Monitorar obras civis pendentes com dashboard dedicado | Aumentar visibilidade das pendências civis de responsabilidade do cliente | Dashboard Power BI. | Semanalmente | Time de instalações industriais | Filtro por pendência e responsabilidade da etapa civil. | Interno. |
| Implantar plano de contingência para clientes com histórico de atraso técnico antes da emissão da OS. | Reducir reincidência e remobilização de equipe | Obras reincidentes | Em até 30 dias. | Comercial e Instalações Industriais | Plano B previamente mapeado com segunda obra na fila ou deslocamento alternativo | Interno. |

As ações propostas visam, principalmente, aumentar a previsibilidade do processo, fortalecer os mecanismos de controle e fomentar maior comprometimento por parte do cliente.

4.8 Dashboard

Figura 10 - Dashboard - Fonte: O autor



A Figura 10, mostra o dashboard que foi desenvolvido com o propósito de apoiar a tomada de decisão gerencial, permitindo o acompanhamento em tempo real da execução das obras de centrais de GLP ao longo dos dias. Integrado ao sistema Salesforce, o painel reflete automaticamente todas as pendências registradas, garantindo consistência e atualização contínua das informações.

Entre as funcionalidades do dashboard, destaca-se a exibição do tempo médio de duração das obras, o que facilita o monitoramento do indicador de prazo de execução e permite ao gestor avaliar, de forma rápida e visual, o desempenho da operação. Além disso, é possível identificar os problemas mais recorrentes e, com base nisso, estruturar planos de ação direcionados, como os propostos na metodologia 5W2H já discutida anteriormente, a fim de mitigar as principais intercorrências e reduzir o tempo de execução das obras.

A ferramenta também disponibiliza dados históricos das obras realizadas em meses anteriores, permitindo a análise de possíveis sazonais e o entendimento de como certos problemas foram superados no passado. Esse recurso contribui para o aprimoramento contínuo das estratégias, possibilitando ajustes mais precisos nos planos de ação e melhor adaptação às realidades operacionais.

Adicionalmente, o dashboard fornece uma visão consolidada da operação atual, indicando o total de obras em andamento, quantas estão em conformidade com o cronograma e quantas apresentam pendências críticas. Como parte da estratégia analítica deste estudo, o dashboard interativo desenvolvido no Power BI permite segmentações por mês, tipo de pendência e responsabilidade pela construção da central, oferecendo uma leitura abrangente e estratégica do cenário operacional.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo aplicar, de forma sequencial e integrada, um conjunto de ferramentas da qualidade com vistas à identificação, análise e mitigação dos principais fatores que impactam negativamente o tempo de execução das obras de centrais.

Por meio do Brainstorming, foi possível levantar 27 diferentes causas de atraso observadas ao longo do ciclo de vida das obras. Em seguida, com o auxílio do Diagrama de Pareto, foram identificadas as causas mais recorrentes: Obras com responsabilidade civil do cliente (Sem pressa para construir) (22 ocorrências), “cliente quer consumir o gás da concorrência” (12), “Inauguração futura” (11), “projeto errado” (9) e “Portões atrasados” (8). Juntas, essas cinco causas representaram aproximadamente 48,8% de todas as ocorrências, confirmando o princípio de Pareto.

O Diagrama de Causa e Efeito permitiu estruturar essas ocorrências em categorias com o objetivo de destacar a complexidade multidimensional dos atrasos. Já a Matriz GUT evidenciou que o problema mais crítico está relacionado à responsabilidade civil do cliente, com pontuação máxima (125 pontos), seguido por inauguração futura (100 pontos) e projeto errado (80 pontos).

Com base nessa classificação, foram elaborados planos de ação estruturados com a metodologia 5W2H, visando reduzir o tempo de execução e promover maior previsibilidade. A confiabilidade dessas análises foi assegurada por meio da aplicação de testes estatísticos. O teste de Brunner-Munzel indicou, com valor de $p = 0,0025$, que existe diferença estatisticamente significativa entre a duração média das obras realizadas pela empresa e aquelas sob responsabilidade do cliente. A maior dispersão e assimetria positiva nas obras do cliente (Assimetria = -0,44) em comparação àquelas da empresa (Assimetria = 0,78) reforçam essa conclusão.

Com o objetivo de apoiar visualmente o processo de tomada de decisão, foi criado um dashboard interativo no Power BI, incorporando funcionalidades de filtragem por tipo de pendência, responsabilidade pela construção da central e mês de execução. O painel também permite monitorar em tempo real a duração média das obras, listar os clientes com maior tempo de execução e visualizar a distribuição das causas por frequência. Essa ferramenta se mostrou essencial para o acompanhamento contínuo das operações, a antecipação de riscos e o direcionamento de ações corretivas com base em dados atualizados.

Assim, este estudo evidencia que a integração estruturada de ferramentas da qualidade, sustentada por uma base de dados confiável e análises estatísticas consistentes, pode gerar melhorias significativas em desempenho, eficiência operacional e redução de incertezas. Os planos de ação desenvolvidos servem como orientação estratégica para gestores que enfrentam desafios semelhantes no segmento de instalações de GLP, favorecendo a padronização de processos, a mitigação de riscos e o desenvolvimento de uma cultura orientada para a melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13523: Sistemas de Armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) – Projeto e Instalação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BISHOP, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer, 2006.

Brunner, E. and Munzel, U. “The nonparametric Benhrens-Fisher problem: Asymptotic theory and a small-sample approximation”. Biometrical Journal. Vol. 42(2000): 17-25.

CARDOSO, F. et al. *Gestão e Planejamento na Construção Civil: Práticas e Desafios*. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CONOVER, W. J. Practical Nonparametric Statistics. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999.

DOANE, David P.; SEWARD, Lori E. Estatística para Administração e Economia. 4. ed. [Tradutor]. Porto Alegre: AMGH, 2014.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. The Sage Handbook of Qualitative Research. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2006.

ECKERSON, W. W. Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

FEW, S. Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GITLOW, H. S. et al. Quality Management. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. Econometria Básica. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2008.

HAIR, J. F. Jr. et al. Multivariate Data Analysis. 8. ed. Andover: Cengage Learning, 2019.

ISHIKAWA, K. What is Total Quality Control? The Japanese Way. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. Juran's Quality Handbook. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

LAURSEN, G. H. N.; THORLUND, J. Business Analytics for Managers: Taking Business Intelligence Beyond Reporting. Hoboken: Wiley, 2016.

LIMA, L. F. R.; COSTA, L. S. da. Boas práticas em instalações de GLP industrial: aspectos normativos e operacionais. São Paulo: Intergás Publicações Técnicas, 2022.

MARR, B. Big Data: Using SMART Big Data, Analytics and Metrics to Make Better Decisions and Improve Performance. Hoboken: Wiley, 2015.

MARÔCO, J. Análise Estatística com o SPSS Statistics. 7. ed. Pêro Pinheiro: ReportNumber, 2018.

MENDES, R. M. A. Guia Prático de Instalações com GLP: Industrial, Comercial e Residencial. 2. ed. São Paulo: Érica, 2021.

MICROSOFT. Guia Oficial do Power BI. Redmond: Microsoft Corporation, 2022.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Neubert, K. and Brunner, E. "A studentized permutation test for the non-parametric Behrens-Fisher problem". Computational Statistics and Data Analysis. Vol. 51(2007): 5192-5204.

SANTOS, A. G.; SILVA, J. C. L. Ambiente Regulatório e Incerteza na Infraestrutura Brasileira. Brasília: IPEA, 2020.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1988.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VERGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VIEIRA, J. C. Gestão Estratégica da Qualidade. São Paulo: Atlas, 2015.

YIN, R. K. Case Study Research: Design and Methods. 5. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2015.