



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GABRIEL VITOR ROSENDO DA SILVA

CARTAS DE CONTROLE POR ATRIBUTOS (P E U) NA FASE I:
UMA ABORDAGEM COM DASHBOARD EM POWER BI

JOÃO PESSOA

2025

GABRIEL VITOR ROSENDO DA SILVA

CARTAS DE CONTROLE POR ATRIBUTOS (P E U) NA FASE I:

UMA ABORDAGEM COM DASHBOARD EM POWER BI

Monografia apresentada como trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Santana Peruchi

JOÃO PESSOA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586c Silva, Gabriel Vitor Rosendo da.

CARTAS DE CONTROLE POR ATRIBUTOS (P E U) NA FASE I:
UMA ABORDAGEM COM DASHBOARD EM POWER BI / Gabriel Vitor
Rosendo da Silva. - João Pessoa, 2025.
53 f. : il.

Orientação: Rogério Santana Peruchi.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Controle Estatístico de Processos. 2. Cartas de
Controle por Atributos. 3. Inteligência de negócios. 4.
Painel. I. Peruchi, Rogério Santana. II. Título.

UFPB/CT

CDU 658.5(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): GABRIEL VITOR ROSENDO DA SILVA

Título do trabalho: CARTAS DE CONTROLE POR ATRIBUTOS (P E U) NA FASE I: UMA ABORDAGEM COM DASHBOARD EM POWER BI

Trabalho de Conclusão do Curso defendido e aprovado em 30/09/2025 pela banca examinadora:

Orientador(a) - Rogério Santana Peruchi

Examinador(a) interno - Lucas Guedes de Oliveira

Examinador(a) interno - Naia Antunis de Rezende

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela saúde e pela força que me foram concedidas para superar os desafios e concluir esta importante etapa da minha vida. De forma muito especial, dedico à minha amada mãe, Maria das Neves in memoriam. Sua partida no ano passado a impediu de testemunhar esta conquista, mas tenho a certeza de que, onde quer que esteja, ela está orgulhosa. Guardarei para sempre seus ensinamentos e sou imensamente grato por cada sacrifício que fez para me dar uma educação e por sempre me incentivar a estudar. Esta vitória é um reflexo do seu amor. Agradeço à minha família, por ter passado por todos os momentos de luta ao meu lado e por todo o apoio que me foi dado. Agradeço também aos meus professores e colegas, que contribuíram com valiosos aprendizados ao longo desta jornada. Em especial, agradeço ao meu orientador, Rogério Peruchi, pela paciência, confiança e pelo direcionamento na elaboração deste trabalho. A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista, o meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho aborda a aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) na gestão da qualidade, com foco na utilização das cartas de controle por atributos (P e U) na Fase I, por meio de uma ferramenta automatizada. Para isso, foi desenvolvido um *dashboard* interativo no Microsoft Power BI, capaz de automatizar o cálculo de limites de controle, identificar causas especiais de variação e realizar a análise de estabilidade e capacidade dos processos. A ferramenta foi validada em três cenários distintos: dados fictícios, estudo de caso da literatura e caso real, abrangendo contextos industriais e de serviços. Os resultados demonstraram que o *dashboard* identificou com precisão os pontos fora de controle, possibilitando a remoção de causas especiais e o recálculo dos limites até a obtenção de estabilidade estatística, além de quantificar o desempenho por meio de indicadores como PPM, Zbench e DPU. O estudo evidencia que a integração do CEP com ferramentas de *Business Intelligence* (BI) democratiza a análise estatística, tornando-a mais acessível e ágil. Ao transformar dados complexos em informações visuais claras, o *dashboard* se consolida como um recurso prático, replicável e de grande impacto para a gestão da qualidade e a promoção da melhoria contínua.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processos. Cartas de Controle por Atributos. Inteligência de negócios. Painel.

ABSTRACT

This study addresses the application of Statistical Process Control (SPC) in quality management, focusing on the use of attribute control charts (P and U) in Phase I through an automated tool. For this purpose, an interactive dashboard was developed in Microsoft Power BI, capable of automating the calculation of control limits, identifying special causes of variation, and performing process stability and capability analysis. The tool was validated in three different scenarios: fictional data, a literature case study, and a real case, covering industrial and service contexts. The results showed that the dashboard accurately identified out-of-control points, enabling the removal of special causes and recalculation of limits until statistical stability was achieved, in addition to quantifying performance through indicators such as PPM, Zbench, and DPU. The study highlights that integrating SPC with Business Intelligence (BI) tools democratizes statistical analysis, making it more accessible and agile. By transforming complex data into clear visual information, the dashboard establishes itself as a practical, replicable, and highly impactful resource for quality management and the continuous improvement of processes.

Keywords: Statistical Process Control. Attribute Control Charts. Business Intelligence. Dashboard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um gráfico de controle: Linha Central (CL) e Limites de Controle (LCL e UCL)	16
Figura 2 - Procedimento para escolha do gráfico de controle	17
Figura 3 - Causas aleatórias e atribuíveis de variação.....	22
Figura 4 - Limites de especificação (LSL e USL).....	23
Figura 5 - O ciclo de aprendizagem no <i>dashboard</i>	25
Figura 6 - Gráfico de controle da Carta P.....	29
Figura 7 - Gráfico de controle da Carta U	29
Figura 8 - Relatório detalhado dos subgrupos para a Carta P	30
Figura 9 - Histograma da distribuição da proporção de defeituosos	30
Figura 10 – Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta P na análise de embalagens de suco de laranja.....	33
Figura 11 – Análise de estabilidade com limites de controle recalculados para a Carta P na análise de embalagens de suco de laranja.....	34
Figura 12 – Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta U na análise de não conformidades em rolos de tecido	36
Figura 13 - Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta U na análise de não conformidades em documentos	39
Figura 14 – Análise de estabilidade com limites de controle recalculados para a Carta U na análise de não conformidades em documentos.....	39
Figura 15 - Tela inicial do <i>dashboard</i> de atributos	46
Figura 16 - Planilha “Carta Atributo” (Carta P)	47
Figura 17 - Planilha “Carta Atributo” (Carta U)	47
Figura 18 – Atualização dos dados no Power BI	47
Figura 19 - QR Code para acessar o dashboard.....	48
Figura 20 - Etapa 1 do processo de atualização: Acionando o botão "Transformar dados" na guia "Página Inicial"	48
Figura 21 - Etapa 2 do processo de atualização: Identificando e selecionando a consulta "Dados_Carta_P"	49
Figura 22 - Etapa 3 do processo de atualização: Acessando as configurações da fonte de dados no painel "Etapas Aplicadas"	49
Figura 23 - Etapa 4 do processo de atualização: Inserindo o novo caminho do arquivo e confirmando a alteração.....	50
Figura 24 - Etapa 5 do processo de atualização: Clicando em "Fechar e Aplicar" para concluir as alterações.....	50
Figura 25 - Etapa 1 da conexão com a planilha online: Acessando a opção "Publicar na Web" no Google Sheets.....	51
Figura 26 - Etapa 2 da conexão com planilha online: Selecionando o formato "Microsoft Excel (.xlsx)" e clicando em "Publicar"	51
Figura 27 - Etapa 3 da conexão com a planilha online: Copiando o link gerado pelo Google Sheets.....	51
Figura 28 - Etapa 4 da conexão com a planilha online: Inserindo o link do Google Sheets no Power BI.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre o nível sigma (Zbench), probabilidade de peças defeituosas e PPM.	24
Tabela 2 - Dados de subgrupos sobre embalagens de suco defeituosas para aplicação da Carta P	32
Tabela 3 - Dados de subgrupos sobre não conformidades em tecidos para aplicação da Carta U	35
Tabela 4 - Dados de subgrupos sobre não conformidades em documentos para aplicação da Carta U	38

LISTA DE SIGLAS

AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
BI	<i>Business Intelligence</i> (Inteligência de Negócios)
CEP	Controle Estatístico de Processos
CL	Linha Central
DAX	<i>Data Analysis Expressions</i> (Expressões de Análise de Dados)
DPU	Defeitos por Unidade
LCL	<i>Lower Control Limit</i> (Limite Inferior de Controle)
LSL	<i>Lower Specification Limit</i> (Limite Inferior de Especificação)
PPM	Partes por Milhão
UCL	<i>Upper Control Limit</i> (Limite Superior de Controle)
USL	<i>Upper Specification Limit</i> (Limite Superior de Especificação)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	FASE I DO CEP	14
2.2	CARTAS DE CONTROLE DO TIPO ATRIBUTO	15
2.2.1	Carta P	17
2.2.2	Carta U	20
2.3	ANÁLISE DE CAPABILIDADE PARA DADOS DO TIPO ATRIBUTO	21
2.3.1	PPM	23
2.3.2	Zbench	24
2.3.3	DPU	25
2.4	DASHBOARDS	25
3	METODOLOGIA	27
3.1	CLASSIFICAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA	27
3.2	PROCEDIMENTO PARA A ANÁLISE DA FASE I DO CEP PARA CARTA P E U COM O DASHBOARD	28
3.2.1	Planejamento da coleta de dados	28
3.2.2	Cálculo dos Limites de Controle Iniciais	28
3.2.3	Análise da Estabilidade do Processo	29
3.2.4	Avaliação da Capabilidade	30
4	RESULTADOS	31
4.1	APLICAÇÃO DAS CARTAS P E U EM UM CASO DA LITERATURA: ANÁLISE DE EMBALAGENS DE SUCO E ROLOS DE TECIDO	31
4.1.1	Análise de Embalagens de Suco com a Carta P	31
4.1.1.1	Planejamento da Coleta de Dados	31
4.1.1.2	Cálculo dos Limites de Controle Iniciais	32
4.1.1.3	Análise da Estabilidade do Processo	33
4.1.1.4	Avaliação da Capabilidade do Processo	34
4.1.2	Análise de Rolos de Tecido com a Carta U	35
4.1.2.1	Planejamento da Coleta de Dados	35
4.1.2.2	Cálculo dos Limites de Controle Iniciais	35

4.1.2.3	Análise da Estabilidade do Processo	36
4.1.2.4	Avaliação da capacidade do Processo	36
4.2	APLICAÇÃO DA CARTA U EM UM CASO REAL: ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES DE DOCUMENTOS.....	36
4.2.1	Planejamento da Coleta de Dados	36
4.2.2	Cálculo dos Limites de Controle Iniciais	39
4.2.3	Análise da Estabilidade do Processo	39
4.2.4	Avaliação da Capacidade do Processo	40
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – Medidas DAX.....	44
	APÊNDICE B – Procedimentos para atualização de dados no <i>dashboard</i> ..	46
	APÊNDICE B.1 Procedimento para atualização de fonte de dados do arquivo local.....	48
	APÊNDICE B.2 Procedimento para atualização de fonte de dados do arquivo online.....	50

1 INTRODUÇÃO

A busca pela redução da variabilidade e pela estabilidade dos processos é um dos pilares da gestão da qualidade. Neste contexto, o Controle Estatístico de Processos (CEP) consolidou-se como uma metodologia fundamental, introduzida por Walter A. Shewhart em 1924 nos Laboratórios Bell Telephone. A criação das cartas de controle permitiu, pela primeira vez, distinguir entre variações aleatórias, inerentes ao processo e conhecidas como causas comuns, e variações decorrentes de fatores específicos, chamadas de causas especiais. Essa distinção possibilita conduzir o processo a um estado de controle estatístico, em que as variações se tornam previsíveis e administráveis (MONTGOMERY, 2013).

A aplicação do CEP, especialmente quando os parâmetros do processo são desconhecidos, é classicamente dividida em duas fases complementares. A Fase I consiste em uma análise retrospectiva de dados históricos para identificar e eliminar as causas especiais, estabelecendo limites de controle confiáveis que representem um processo estável. Uma vez alcançada a estabilidade, inicia-se a Fase II, que utiliza esses limites para o monitoramento prospectivo e em tempo real (ATALAY *et al.*, 2019). O presente trabalho concentra-se exclusivamente na Fase I, etapa que, conforme destacam Jones-Farmer *et al.* (2014), desempenha papel fundamental na definição de uma linha de base confiável para futuras iniciativas de melhoria.

No contexto do CEP, as cartas de controle por atributos são ferramentas indispensáveis para monitorar características que não podem ser medidas em escala contínua, classificando itens como conformes ou não conformes, ou registrando a quantidade de defeitos. Devido à sua simplicidade e aplicabilidade, tais cartas são amplamente utilizadas em setores de serviços, nos quais a obtenção de dados de variáveis pode ser inviável (MONTGOMERY, 2013).

A análise de capacidade, por sua vez, está diretamente relacionada à estabilidade do processo. O CEP tem como primeiro objetivo identificar se a variabilidade observada decorre apenas de causas comuns, garantindo que o processo esteja sob controle estatístico. Somente nessa condição é possível avaliar sua capacidade, isto é, a capacidade do processo de atender consistentemente às especificações definidas pelo cliente. A capacidade é definida pela variação proveniente de causas comuns e reflete o melhor desempenho intrínseco do processo, servindo como base para prever sua performance atual e futura. Quando o processo se encontra sob controle, torna-se possível avaliar se ele atende às expectativas do cliente, o que constitui um fundamento essencial para a melhoria contínua (AIAG, 2005).

Nesse contexto, novas tecnologias ampliam as possibilidades de aplicação do CEP. Entre elas, destacam-se as ferramentas de *Business Intelligence* (BI) que surgem como recurso estratégico, pois têm como finalidade transformar grandes volumes de dados em informações relevantes para apoiar a tomada de decisão. Por meio de recursos como *dashboards*, o BI fornece acesso interativo e em tempo real aos dados, permitindo análises que aproximam o desempenho operacional dos objetivos estratégicos da organização (SHARDA; DELEN; TURBAN, 2019).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um *dashboard* em Power BI como ferramenta para a análise do comportamento histórico de processos, delimitando sua aplicação à Fase I do CEP para a identificação de causas especiais de variação e conduzir o processo a um estado de controle estatístico.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar a aplicabilidade do dashboard em diferentes contextos de análise, sendo um caso da literatura — análise de embalagens de suco e rolos de tecido — e um caso real — análise de não conformidades de documentos em um escritório de advocacia, evidenciando sua eficácia na identificação de causas especiais de variação.
- Evidenciar o potencial do *dashboard* em apoiar a condução do processo à estabilidade estatística.
- Apresentar os resultados dos indicadores de capacidade (PPM, Zbench e DPU) como medidas quantitativas para avaliação do desempenho dos processos analisados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta os principais conceitos que embasam o trabalho, abordando a Fase I do Controle Estatístico de Processos (CEP), as cartas de controle do tipo atributo (P e U), a análise de capacidade para dados de atributos e o uso de *dashboards* como ferramenta de suporte à análise e visualização dos resultados.

2.1 FASE I DO CEP

A Fase I do CEP tem como objetivo central analisar o comportamento histórico do processo, identificando e eliminando causas especiais de variação, de modo a conduzi-lo a um estado de controle estatístico. Essa etapa caracteriza-se pela coleta de dados organizados ao longo do tempo e pela análise retrospectiva, sendo comum assumir inicialmente que o processo se encontra fora de controle (MONTGOMERY, 2013; FARAZ *et al.*, 2018).

Durante a Fase I, busca-se compreender a variabilidade do processo ao longo do tempo, avaliando tanto a estabilidade quanto a capacidade em relação aos limites de especificação. Para tanto, aplicam-se métodos estatísticos e interpretações gráficas, tendo as cartas de controle como ferramenta principal na identificação de comportamentos anormais (JONES-FARMER *et al.*, 2014).

O procedimento padrão para construção de limites de controle são a partir de subgrupos amostrais, geralmente entre 20 e 25. Pontos que se situam fora desses limites devem ser investigados para identificar possíveis causas atribuíveis. Uma vez confirmadas, os dados correspondentes são excluídos e os limites são recalculados. Esse processo iterativo é repetido até que se obtenha um conjunto de dados estável, representativo de um processo em controle estatístico (MONTGOMERY, 2013).

No entanto, a aplicação bem-sucedida da Fase I transcende a simples execução desse procedimento. Woodall (2016) alerta para o risco de uma visão simplista, argumentando que a Fase I não se resume apenas a coletar dados e estimar parâmetros. Na prática, ela envolve uma série de atividades críticas, como a seleção adequada das características de qualidade, a avaliação do sistema de medição, a definição de uma estratégia de amostragem racional, a implementação de melhorias no processo e a coleta de dados adicionais conforme necessário.

Além disso, a Fase I desempenha papel essencial na análise da capacidade do processo, visto que sua avaliação só é confiável quando o processo apresenta estabilidade. Nessa situação, a variabilidade deve ser estimada com cuidado, exigindo, frequentemente, tamanhos amostrais maiores para que os parâmetros do processo sejam calculados de forma confiável (JONES-FARMER *et al.*, 2014).

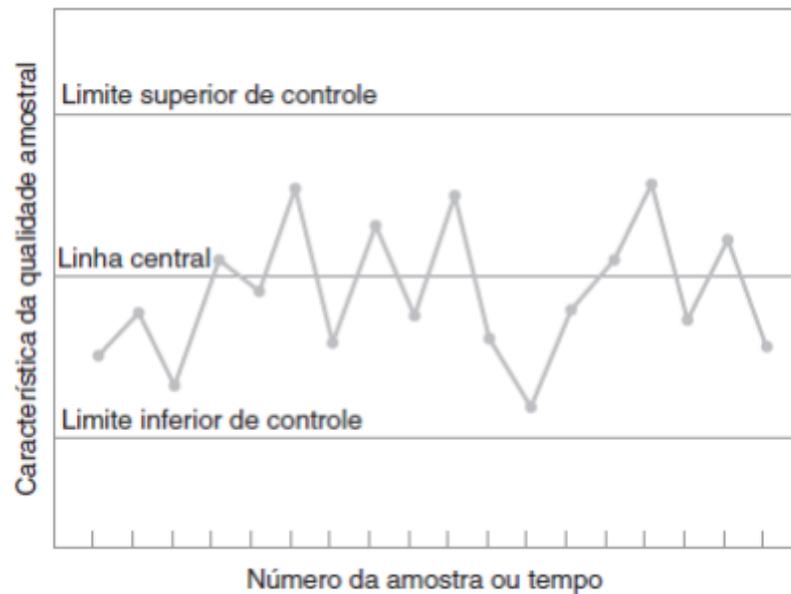
Outro aspecto relevante refere-se à verificação de pontos fora de controle (outliers). A exclusão automática desses pontos sem uma investigação adequada pode ser imprudente, especialmente quando há pouco conhecimento prévio sobre o processo. Portanto, a identificação e a remoção corretas de causas especiais são fundamentais para garantir a validade estatística da análise (JONES-FARMER *et al.*, 2014).

2.2 CARTAS DE CONTROLE DO TIPO ATRIBUTO

O gráfico de controle constitui uma ferramenta fundamental para o monitoramento de características de qualidade, medidas ou calculadas a partir de uma amostra, em função do número da amostra ou do tempo. Ele apresenta uma linha central que corresponde ao valor médio da característica de qualidade em condições de controle, ou seja, quando apenas causas aleatórias influenciam o processo. Além disso, são traçadas duas linhas horizontais adicionais, denominadas limite superior de controle (UCL, do inglês *Upper Control Limit*) e limite inferior de controle (LCL, do inglês *Lower Control Limit*), definidas de forma que, caso o processo esteja sob controle, praticamente todos os pontos amostrais permaneçam dentro desses limites, conforme a Figura 1 (MONTGOMERY, 2013).

Enquanto os pontos se mantêm dentro da faixa delimitada pelos limites de controle, considera-se que o processo é estável, não sendo necessária intervenção. Por outro lado, pontos que ultrapassam esses limites indicam a possível presença de variações atribuíveis, exigindo investigação e ações corretivas para identificar e eliminar suas causas. Para facilitar a visualização da evolução dos pontos ao longo do tempo, é comum conectá-los por segmentos de reta, o que contribui para a interpretação e o monitoramento eficaz da estabilidade do processo (MONTGOMERY, 2013).

Figura 1 - Componentes de um gráfico de controle: Linha Central (CL) e Limites de Controle (LCL e UCL)



Fonte: Montgomery (2013, p. 191).

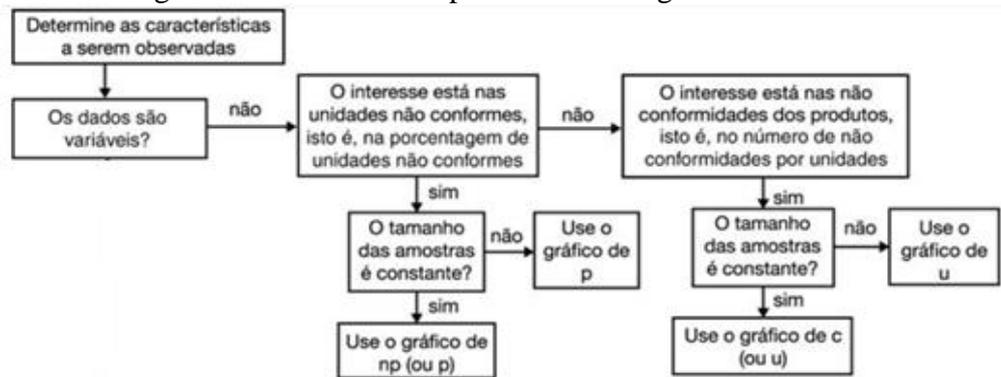
Os gráficos de controle permitem identificar se um processo encontra-se sob controle estatístico, distinguindo variações aleatórias de variações atribuíveis a causas especiais. Contudo, é importante destacar que o gráfico, por si só, não determina quais são essas causas; ele fornece apenas subsídios para investigação e posterior análise (WERKEMA, 2014).

As cartas de controle do tipo atributo são indicadas quando as características de qualidade não podem ser representadas convenientemente por medições contínuas (MONTGOMERY, 2013; ASLAM; JUN, 2015). Nesses casos, cada item inspecionado é classificado como defeituoso ou não defeituoso ou pela quantidade de defeitos.

Segundo Toledo *et al.* (2014), os gráficos de controle do tipo atributo são especialmente recomendados quando múltiplas características de qualidade devem ser avaliadas em cada unidade do produto, tornando mais prática a classificação binária entre conforme e não conforme. Tais gráficos também se mostram adequados quando o uso de instrumentos do tipo “passa-não-passa” é mais viável do que medições detalhadas, quando o custo de medição é elevado em relação ao valor do item ou quando a inspeção pode ser realizada de forma visual.

Entre os principais tipos de gráficos de controle para atributos destacam-se a carta P, que monitora a proporção de unidades defeituosas, e a carta U, que acompanha a média de defeitos por unidade inspecionada (TOLEDO *et al.*, 2012; WOODALL; MONTGOMERY, 1999). A Figura 2 apresenta um resumo ilustrativo desses gráficos.

Figura 2 - Procedimento para escolha do gráfico de controle



Fonte: Adaptado de Toledo *et al.* (2012, p. 259).

2.2.1 Carta P

Segundo Montgomery (2013), a carta P é utilizada para monitorar a proporção de unidades defeituosas em uma amostra. Essa proporção corresponde à razão entre o número de defeituosos e o tamanho da amostra. Na prática, sua aplicação envolve a coleta de subgrupos, o cálculo das proporções e o acompanhamento gráfico. O processo é considerado sob controle enquanto os pontos permanecem dentro dos limites de controle e não apresentem padrões não aleatórios; caso contrário, indica-se a ocorrência de alteração no nível de qualidade.

A carta P se baseia na distribuição binomial, cujos limites de controle podem ser definidos por meio da aproximação normal em condições adequadas (MONTGOMERY, 2013; CHUKHROVA; JOHANNSEN, 2019).

A carta P mostra-se particularmente adequada para o monitoramento de dados qualitativos e discretos, podendo ser aplicada tanto ao acompanhamento de unidades defeituosas quanto ao registro de eventos considerados positivos (AIAG, 2005).

Em um processo estável, a probabilidade de que uma unidade seja defeituosa é representada por p , assumindo-se que as unidades produzidas sejam independentes entre si. Dessa forma, cada unidade pode ser modelada como uma variável aleatória de Bernoulli e, ao selecionar-se uma amostra de tamanho n , o número de defeituosos segue uma distribuição binomial com parâmetros n e p (MONTGOMERY, 2013).

$$P\{D = x\} = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, \dots, n \quad (1)$$

Onde:

- $P\{D = x\}$ é a probabilidade de encontrar exatamente x itens defeituosos em uma amostra;

- n é o tamanho da amostra (número total de itens inspecionados);
- x é o número de itens defeituosos encontrados na amostra;
- p é a proporção de itens defeituosos no processo (a probabilidade de um item ser defeituoso).

A fração amostral de defeituosos (\hat{p}) corresponde à razão entre o número de unidades defeituosas em uma amostra (D) e o tamanho dessa amostra (n), conforme a Eq. (2):

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \quad (2)$$

A distribuição da variável aleatória associada à fração de defeituosos pode ser derivada da distribuição binomial, cujos parâmetros permitem calcular sua média e variância, conforme a Eq. (3) e Eq. (4):

$$\mu_{\hat{p}} = p \quad (3)$$

$$\sigma_{\hat{p}}^2 = \frac{p(1-p)}{n} \quad (4)$$

Com base na fundamentação teórica apresentada, desenvolve-se o gráfico P, o gráfico de controle utilizado para monitorar a proporção de unidades defeituosas em um processo.

O modelo geral do gráfico de controle de Shewhart baseia-se no monitoramento de uma estatística amostral, representada por w , que mede uma determinada característica da qualidade. Assume-se que a distribuição dessa estatística possui uma média μ_w e um desvio padrão σ_w (MONTGOMERY, 2013). Nesse caso, a linha central e os limites de controle são dados pela Eq. (5):

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \mu_w + L\sigma_w \\ \text{CL} &= \mu_w \\ \text{LCL} &= \mu_w - L\sigma_w \end{aligned} \quad (5)$$

Onde L representa a distância da linha central até os limites de controle, em múltiplos do desvio-padrão, sendo comum a utilização de $L=3$.

Supondo que a verdadeira fração do processo (p) é conhecida ou definida como um valor-padrão, a linha central e os limites de controle da Carta P podem ser expressos pela seguinte Eq. (6):

$$\begin{aligned} UCL &= p + L\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \\ CL &= p \\ LCL &= p - L\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \end{aligned} \quad (6)$$

De acordo com Montgomery (2013), em situações em que o limite inferior de controle (LCL) calculado resulta em valor negativo, é prática comum adotar $LCL = 0$, de forma que o gráfico de controle seja representado apenas com o limite superior. O funcionamento do gráfico baseia-se na coleta sucessiva de amostras de tamanho n , no cálculo da fração de unidades defeituosas e na plotagem desses valores ao longo do tempo. Enquanto os pontos permanecerem dentro dos limites estabelecidos e não apresentarem padrões sistemáticos ou não aleatórios, o processo é considerado sob controle. Por outro lado, a ocorrência de pontos fora dos limites ou a identificação de padrões atípicos sugere que a fração de defeituosos sofreu alteração, indicando que o processo está fora de controle.

Quando a fração de defeituosos do processo (p) não é previamente conhecida, esta deve ser estimada a partir dos dados coletados. O procedimento usual envolve a seleção de m amostras preliminares, cada uma de tamanho n , sendo recomendado que m seja, no mínimo, de 20 a 25 subgrupos (MONTGOMERY, 2013). Para cada amostra i , caso sejam observadas (D_i) unidades defeituosas, a fração de defeituosos da amostra (\hat{p}_i) é determinada pela seguinte Eq. (7):

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

A média das frações de defeituosos obtidas nas amostras individuais (\bar{p}) é calculada pela Eq. (8):

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (8)$$

Essa estatística (\bar{p}) é utilizada como estimador da fração de defeituosos desconhecida p . A partir dela, definem-se a Linha Central (CL) e os limites de controle do gráfico P, calculados pela Eq. (9):

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \\ \text{CL} &= \bar{p} \\ \text{LCL} &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \end{aligned} \quad (9)$$

Os limites de controle obtidos pelas equações apresentadas devem ser inicialmente tratados como limites tentativos. Para avaliar se o processo se encontrava sob controle durante a coleta dos dados preliminares, os valores das proporções amostrais devem ser plotados em relação a esses limites, caracterizando a aplicação típica da Fase I dos gráficos de controle. Caso algum ponto ultrapasse os limites tentativos, este deve ser investigado; quando confirmada a presença de causas atribuíveis, tais pontos devem ser descartados e os limites de controle recalculados com base nos dados restantes (MONTGOMERY, 2013).

2.2.2 Carta U

O gráfico de controle do tipo U é utilizado para monitorar o número médio de não conformidades por unidade de produto, sendo especialmente aplicável em processos nos quais múltiplos defeitos independentes podem ocorrer em uma mesma unidade. Esse tipo de gráfico é comum em produtos resultantes de montagens complexas, como automóveis, computadores, máquinas-ferramentas e outros sistemas compostos, nos quais é improvável que uma unidade final esteja totalmente isenta de falhas. Nesses casos, o objetivo é acompanhar o desempenho do processo com base no número médio de defeitos por unidade inspecionada (TOLEDO *et al.*, 2014).

De acordo com Montgomery (2013), em diversas situações pode ser mais adequado utilizar gráficos que contabilizam diretamente o número de defeitos, em vez da proporção de unidades defeituosas. Isso ocorre porque uma mesma unidade pode apresentar múltiplas falhas que, isoladamente, não a desqualificam, mas que, combinadas, comprometem sua funcionalidade ou aceitação pelo cliente. Exemplos incluem falhas no acabamento de gabinetes de microcomputadores, rebites quebrados, soldas defeituosas ou erros em documentos.

O gráfico de controle U é baseado na média do número de não conformidades por unidade de inspeção. Quando são observadas x não conformidades em uma amostra de n

unidades inspecionadas, a média de não conformidades por unidade é calculada conforme a Eq. (10).

$$\bar{u} = \frac{\text{total de defeitos}}{\text{número de unidades inspecionadas}} = \frac{x}{n} \quad (10)$$

Vale ressaltar que x é uma variável aleatória que segue a distribuição de Poisson. Conseqüentemente, os parâmetros do gráfico de controle para a média do número de não conformidades por unidade de inspeção são determinados com base nessa distribuição, conforme Eq. (11).

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ \text{CL} &= \bar{u} \\ \text{LCL} &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned} \quad (11)$$

No cálculo expresso pela Eq. (11), \bar{u} representa a média observada de não conformidades por unidade em um conjunto preliminar de dados. Assim como ocorre na carta P, os limites de controle obtidos a partir da equação devem ser inicialmente considerados como limites tentativos, servindo como referência para a análise preliminar do processo.

2.3 ANÁLISE DE CAPABILIDADE PARA DADOS DO TIPO ATRIBUTO

De acordo com Montgomery (2013), a capacidade do processo é definida como a comparação entre a variabilidade natural do processo e os limites de especificação do produto, servindo como uma medida da capacidade do processo em atender aos requisitos do cliente. Em qualquer processo produtivo existe uma variabilidade natural, também chamada de causas aleatórias ou de variação ao acaso, que é inerente ao sistema. Quando apenas essas causas estão presentes, considera-se que o processo se encontra sob controle estatístico. No entanto, podem surgir causas atribuíveis (ou especiais), como falhas em ajustes de máquinas, erros de operadores ou matérias-primas defeituosas. Tais causas normalmente aumentam significativamente a variabilidade, indicando que o processo está fora de controle.

A Figura 3 ilustra o conceito de CEP, evidenciando a diferença entre um processo sob controle e um processo fora de controle devido à ocorrência de causas especiais de variação.

Na fase inicial, anterior ao instante t_1 , o processo encontra-se sob controle, apresentando estabilidade e previsibilidade. As variações observadas são decorrentes apenas de causas

comuns, também denominadas causas aleatórias, que são inerentes ao processo. Neste estágio, a distribuição dos resultados mantém média μ_0 e desvio padrão σ_0 constantes, refletindo flutuações previsíveis em torno da média.

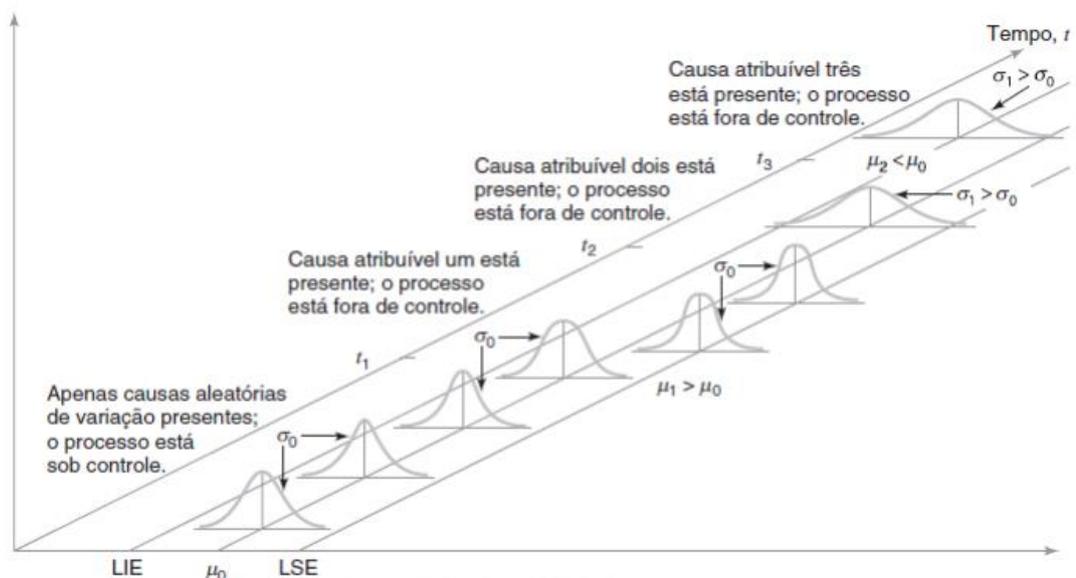
A introdução de causas especiais provoca alterações significativas no comportamento do processo. Em t_1 , a primeira causa atribuível desloca a média para um valor superior ($\mu_1 > \mu_0$) sem alterar a dispersão, indicando que os resultados, em média, estão acima do esperado.

Em t_2 , uma segunda causa especial reduz a média ($\mu_2 < \mu_0$) e aumenta a variabilidade do processo ($\sigma_1 > \sigma_0$) tornando a distribuição mais ampla e achatada. Isso evidencia maior inconsistência e imprevisibilidade nos resultados.

Por fim, em t_3 , uma terceira causa especial eleva ainda mais a variabilidade. A dispersão acentuada indica que o processo se encontra altamente instável e com qualidade comprometida.

Nesta análise, observa-se que o CEP permite distinguir causas comuns de causas especiais de variação. As causas comuns representam a capacidade intrínseca do processo, enquanto as causas especiais indicam problemas específicos que podem requerer investigação e ações corretivas, a fim de restabelecer a estabilidade estatística e a previsibilidade dos resultados.

Figura 3 - Causas aleatórias e atribuíveis de variação



Fonte: Montgomery (2013, p. 190).

Uma vez eliminadas as causas especiais de variação e estabilizado o processo em um estado de controle estatístico, torna-se possível estimar seus parâmetros com maior confiabilidade, o que permite realizar uma avaliação mais precisa da capacidade (MONTGOMERY, 2013).

No contexto da metodologia Seis Sigma, Toledo *et al.* (2014) classificam os indicadores de desempenho em três categorias principais: baseados em unidades defeituosas, baseados em defeitos e baseados em índices de capacidade. Embora os índices clássicos de capacidade, como Cp, Cpk e Cpm, sejam tradicionalmente aplicados a variáveis contínuas, há alternativas adaptadas a dados do tipo atributo, como a conversão de proporção de defeituosos em métricas por milhão, possibilitando estimativas equivalentes de desempenho.

Ainda segundo Toledo *et al.* (2014), os indicadores baseados em defeitos apresentam vantagens como simplicidade, consistência e comparabilidade entre diferentes processos e áreas da organização. Entretanto, possuem também limitações, sendo a principal a dificuldade de capturar informações mais detalhadas para a melhoria contínua, o que é mais facilmente alcançado em processos baseados em dados contínuos.

2.3.1 PPM

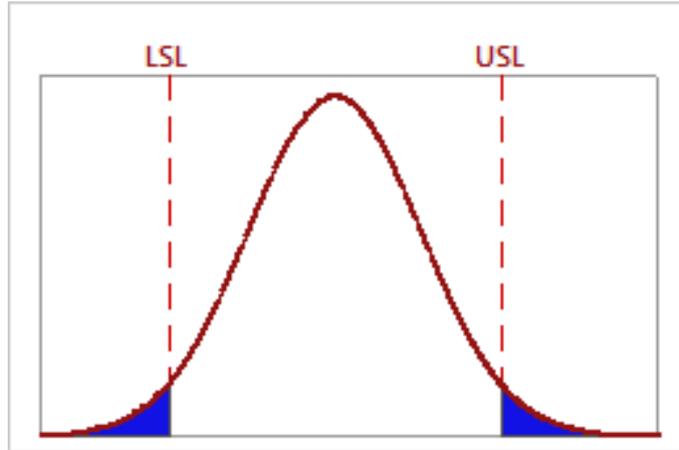
Segundo Montgomery (2013), o PPM (partes por milhão) é uma medida utilizada para expressar a taxa de unidades defeituosas em um processo, indicando o número esperado de unidades defeituosas a cada um milhão de unidades produzidas.

De acordo com a AIAG (2005), o PPM pode ser usado como medida complementar na avaliação da capacidade do processo. O cálculo é realizado pela Eq. (12):

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{Número de peças defeituosas}}{\text{Número total de peças}} \right) * 1.000.000 \quad (12)$$

O PPM se destaca por duas funções principais. Primeiramente, ele fornece um diagnóstico mais abrangente do desempenho do processo, detalhando as perdas ocorridas tanto abaixo do limite inferior (LSL) quanto acima do limite superior de especificação (USL). Em segundo lugar, atua como uma métrica essencial para validar a eficácia de projetos de melhoria, ao permitir uma comparação direta entre os níveis de defeitos antes e depois das ações de melhoria (MINITAB, 2025).

Figura 4 - Limites de especificação (LSL e USL)



Fonte: Minitab (2025).

2.3.2 Zbench

O nível sigma Zbench é um índice amplamente utilizado na análise da capacidade do processo, indicando quantos desvios padrão pode ser acomodados dentro da tolerância do processo em estudo (AIAG, 2005).

Para processos que monitoram a proporção de defeituosos pela carta P, calculam-se o nível sigma de qualidade (Zbench) a partir da seguinte Eq. (13):

$$z_{bench} = \varphi^{-1}(1 - \bar{p}) \quad (13)$$

onde φ^{-1} é o cálculo do inverso da probabilidade de uma distribuição normal padronizada com probabilidade acumulada de $(1 - \bar{p})$.

Assim, um processo com nível sigma igual a 6 possui uma capacidade (Zbench = 6) considerada seis sigma. Este nível sigma equivale a apenas 1 peça defeituosa por bilhão (1×10^{-9}).

A tabela a seguir apresenta a relação entre o valor de Zbench, a probabilidade de peças defeituosas e a quantidade de PPM.

Tabela 1 - Relação entre o nível sigma (Zbench), probabilidade de peças defeituosas e PPM.

Zbench	P(Z>Zbench)	PPM
1	0.158655254	158655.254
2	0.022750132	22750.132
3	0.001349898	1349.898
4	0.000031671	31.671
5	0.000000287	0.287
6	0.000000001	0.001

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.3 DPU

Ao lidar com não conformidades ou defeitos em processos produtivos, uma das métricas mais utilizadas para avaliar a capacidade do processo é a de defeitos por unidade (DPU). Essa medida indica a média de defeitos encontrados por unidade avaliada, sendo útil para acompanhar o desempenho do processo em termos de qualidade.

Segundo Montgomery (2013), o DPU é amplamente aplicado como indicador de desempenho em situações envolvendo dados de defeitos, embora não considere a complexidade de cada unidade avaliada.

De forma semelhante, Toledo (2012) define a DPU como a média do número de defeitos de qualquer tipo em relação ao número total de unidades inspecionadas, calculada pela Eq. (13):

$$DPU = \frac{d}{n} \quad (13)$$

em que:

- d representa o número total de defeitos observados;
- n é o número total de unidades avaliadas.

Essa métrica é especialmente útil em situações em que múltiplos tipos de defeitos podem ocorrer simultaneamente em uma mesma unidade, fornecendo uma visão mais detalhada do comportamento do processo em relação à conformidade.

2.4 DASHBOARDS

De acordo com Pyzdek (2003), os *dashboards* constituem ferramentas fundamentais para a operacionalização de estratégias, uma vez que apresentam métricas em formato visual padronizado e acessível a toda a organização. Essas representações gráficas devem ser elaboradas de modo que qualquer responsável pelo processo, independentemente do nível hierárquico, consiga interpretar rapidamente os dados e compreender seu significado. O propósito central dos *dashboards* é acelerar o ciclo de aprendizagem organizacional, conforme a Figura 5, no qual o plano estratégico é tratado como uma hipótese a ser validada a partir de evidências objetivas.

Figura 5 - O ciclo de aprendizagem no *dashboard*

Estratégia → Ação → Resultados → Dados → Informação → Conhecimento

Fonte: Adaptado de Pyzdek (2003, p. 80).

Além disso, *dashboards* eficazes devem incorporar princípios fundamentais relacionados às boas práticas de métricas, como: a exibição do desempenho ao longo do tempo;

a utilização de diretrizes estatísticas capazes de diferenciar o sinal (variação causada por fatores identificáveis) do ruído (variação aleatória); a identificação de causas conhecidas de variação; a distinção entre desempenhos aceitáveis e inaceitáveis; e a integração com *dashboards* de diferentes níveis hierárquicos superiores (ligados a metas e estratégias) e inferiores (relacionados a fatores operacionais), de modo a orientar as decisões estratégicas da organização (PYZDEK, 2003).

Complementarmente, os *dashboards* têm se consolidado como ferramentas centrais para a visualização de dados em contextos diversos, ultrapassando a função de simples apresentação de métricas operacionais. Atualmente, eles também assumem papéis estratégicos, comunicacionais e educacionais. Sua definição e aplicação evoluíram para contemplar interfaces interativas, adaptáveis e com múltiplos níveis de complexidade visual e funcional, o que demanda atenção especial ao perfil do público-alvo e ao contexto de uso (SARIKAYA *et al.*, 2019).

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois visa ao desenvolvimento de uma solução prática para um problema específico: a aplicação do CEP por meio de uma ferramenta de *Business Intelligence*.

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, uma vez que explora as potencialidades do Power BI para a gestão da qualidade e descreve detalhadamente a aplicação da ferramenta em diferentes cenários.

A abordagem adotada foi quantitativa, fundamentada na coleta e análise de dados numéricos para o cálculo de limites de controle e indicadores de capacidade do processo.

Inicialmente, realizou-se um levantamento teórico sobre os temas centrais do trabalho, incluindo o CEP com foco na Fase I, as cartas de controle por atributos (P e U), os indicadores de capacidade (PPM, Zbench e DPU) e a aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* (BI) para análise de dados e apoio à tomada de decisão.

Em seguida, foi desenvolvido um *dashboard* no Power BI, escolhido por suas vantagens estratégicas para a análise de dados, tais como:

- Interatividade e visualização de dados: capacidade de criar relatórios dinâmicos e interativos que facilitam a identificação de tendências, padrões e outliers;
- Integração de múltiplas fontes de dados: flexibilidade para conectar e consolidar informações de planilhas, bancos de dados e serviços em nuvem;
- Automatização de cálculos: uso da linguagem DAX (*Data Analysis Expressions*) para criação de medidas complexas e automatização de cálculos estatísticos, garantindo consistência e agilidade;
- Acessibilidade e compartilhamento: facilidade para publicar e compartilhar os painéis de forma online, permitindo o acesso seguro por diferentes usuários.

Para validar e demonstrar a aplicabilidade da ferramenta, foram considerados dois cenários de estudo distintos:

- Estudo de caso da literatura: baseado nos dados apresentados por Montgomery (2013), este cenário teve como objetivo validar a precisão do *dashboard* para a Carta P (Análise de Embalagens de Suco) e a Carta U (Análise de Rolos de Tecido), por meio da comparação dos resultados obtidos com valores já consolidados na literatura.

- Caso real: conjunto de dados provenientes do setor de controladoria jurídica de um escritório de advocacia, referente à análise de documentos. Este cenário teve como objetivo demonstrar a utilidade prática e a versatilidade do *dashboard* na aplicação da Carta U em um ambiente de serviços.

Os resultados gerados pelo *dashboard* em cada cenário foram analisados criticamente, com foco na identificação de causas especiais de variação e na análise da estabilidade e capacidade do processo.

3.2 PROCEDIMENTO PARA A ANÁLISE DA FASE I DO CEP PARA CARTA P E U COM O DASHBOARD

Para a execução da pesquisa, foi desenvolvido um *dashboard* em Power BI que automatiza a análise da Fase I do CEP. A ferramenta utiliza Funções DAX (*Data Analysis Expressions*) para realizar os cálculos estatísticos, permitindo a identificação de causas especiais de variação e a avaliação da estabilidade e capacidade do processo.

A coleta dos dados é realizada em uma planilha eletrônica externa, conectada ao *dashboard* para a atualização automática das análises. As medidas DAX utilizadas estão detalhadas no Apêndice A, enquanto o Apêndice B apresenta o guia de uso da ferramenta. O fluxo de análise no *dashboard* foi estruturado para seguir as etapas descritas a seguir.

3.2.1 Planejamento da coleta de dados

O *dashboard* foi projetado para receber os dados da planilha de coleta, que deve seguir os seguintes critérios:

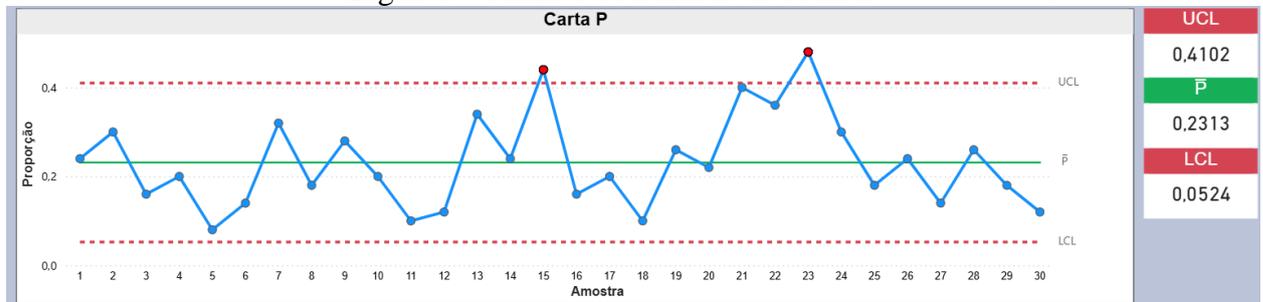
- Quantidade de Subgrupos: Recomenda-se a coleta de no mínimo 20 subgrupos para uma estimativa confiável dos parâmetros do processo.
- Tamanho da Amostra (n): A ferramenta é flexível, aceitando um tamanho de amostra fixo ou variável. É necessário registrar na planilha o tamanho da amostra (n) e o total de unidades defeituosas (para a Carta P) ou o total de defeitos (para a Carta U).
- Dados de Registro: Opcionalmente, podem ser incluídas informações como data, linha de produção ou operador no campo de observações para enriquecer a análise.

3.2.2 Cálculo dos Limites de Controle Iniciais

Após a inserção dos dados na planilha e a atualização subsequente no Power BI, o sistema realiza automaticamente o Cálculo dos Limites de Controle: Os limites superior de controle (UCL), e inferior de controle (LCL); além disso é calculada a fração média de

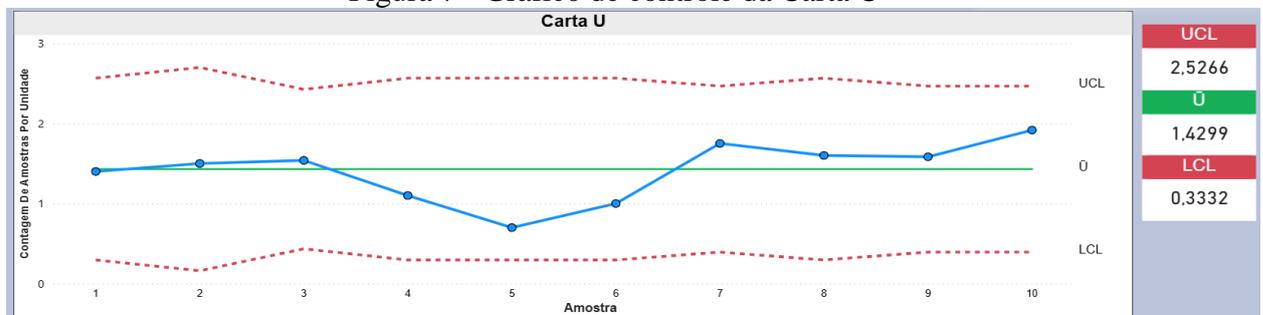
defeituosos (\bar{p}) e a média de defeitos (\bar{u}), conforme a Figura 6 e Figura 7. A primeira etapa, denominada "Análise 1", consiste no cálculo dos limites de controle iniciais do processo.

Figura 6 - Gráfico de controle da Carta P



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 7 - Gráfico de controle da Carta U



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2.3 Análise da Estabilidade do Processo

A estabilidade do processo é avaliada no *dashboard* por meio de um ciclo de identificação e análise das causas especiais de variação. A identificação inicial é visual: no gráfico de controle, os limites de controle são representados por linhas tracejadas em vermelho, e os subgrupos são plotados como pontos. Pontos em azul são os subgrupos dentro dos limites de controle, enquanto pontos em vermelho apontam para subgrupos fora de controle.

Para uma análise mais profunda, a ferramenta oferece um recurso de recálculo sequencial. A partir da "Análise 2", o *dashboard* remove automaticamente os subgrupos instáveis e recalcula os limites de controle, sendo que a ferramenta está configurada para permitir até oito ciclos de análise. Para apoiar a investigação das causas, o *dashboard* disponibiliza relatórios auxiliares:

- Relatório Detalhado: apresenta uma tabela (Figura 8) com informações da planilha base, como subgrupo, número de defeitos ou de unidades defeituosas e tamanho da amostra (n). Esses dados são importados para o Power BI, que realiza automaticamente os

cálculos da proporção de defeituosos p (para a Carta P) ou a média de defeitos u (para a Carta U).

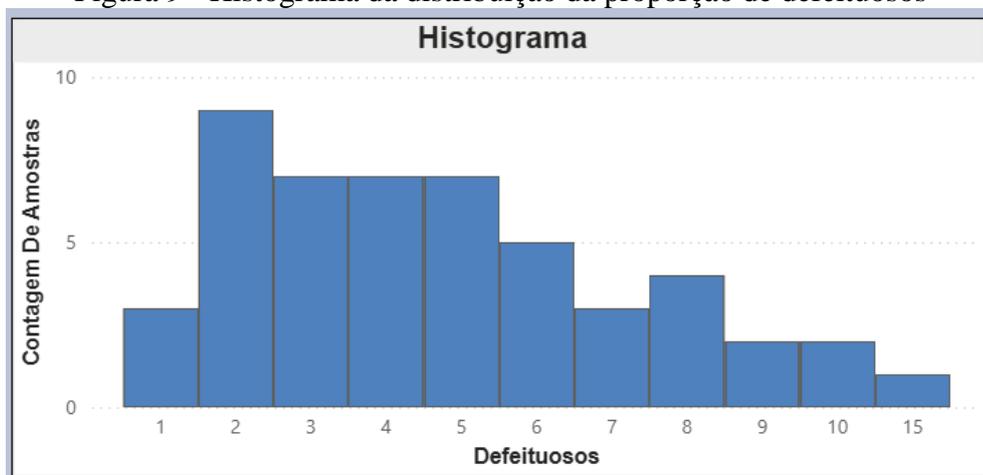
- Histograma: Adicionalmente, um histograma (Figura 9) é apresentado para demonstrar a distribuição da frequência das amostras com defeitos ou da proporção de unidades defeituosas, oferecendo informações sobre o comportamento do processo.

Figura 8 - Relatório detalhado dos subgrupos para a Carta P

Relatório detalhado				
Subgrupo	Defeituosos	n	p	Observação
11	15	100	0,15000	
1	7	100	0,07000	
2	3	100	0,03000	
3	6	100	0,06000	
4	2	100	0,02000	
5	2	100	0,02000	
6	3	100	0,03000	
7	6	100	0,06000	
8	8	100	0,08000	
9	2	100	0,02000	
10	4	100	0,04000	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 9 - Histograma da distribuição da proporção de defeituosos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2.4 Avaliação da Capabilidade

Ao final da análise de estabilidade, o *dashboard* apresenta os indicadores de capacidade do processo. Os indicadores são apresentados de acordo com o tipo de carta utilizada:

- Para a Carta P, são calculados o PPM (Partes por Milhão) e o Zbench;
- Para a Carta U, é calculado o DPU (Defeitos por Unidade).

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do estudo de CEP em sua Fase I, utilizando cartas de controle do tipo atributo (Cartas P e U) implementadas no *dashboard* desenvolvido no Power BI. São demonstrados o cálculo inicial dos limites de controle, a análise da estabilidade do processo com a identificação e exclusão de causas especiais e, por fim, a avaliação da capacidade do processo.

4.1 APLICAÇÃO DAS CARTAS P E U EM UM CASO DA LITERATURA: ANÁLISE DE EMBALAGENS DE SUCO E ROLOS DE TECIDO

4.1.1 Análise de Embalagens de Suco com a Carta P

Este exemplo apresenta a construção e operação de um gráfico de controle da fração de defeituosos (Carta P), baseado no exemplo apresentado por Montgomery (2013, p. 301).

4.1.1.1 Planejamento da Coleta de Dados

Para monitorar a qualidade da produção de embalagens de suco de laranja concentrado, foi definido um procedimento de amostragem sistemática. O objetivo é identificar embalagens defeituosas, ou seja, aquelas que apresentam falhas de vedação capazes de gerar vazamentos pela junta lateral ou pela junção do fundo metálico.

No total, foram coletadas 30 amostras, cada uma composta por 50 embalagens, retiradas em intervalos de meia hora ao longo de três turnos consecutivos, período em que a máquina permaneceu em operação contínua. Essa estratégia garante a representatividade dos dados em diferentes condições operacionais e possibilita uma análise mais robusta do processo.

Os dados registrados em cada amostra incluem:

- Lote (subgrupo);
- Unidades defeituosas (Defeituosos);
- Total de embalagens inspecionadas (n);
- Observação.

Tabela 2 - Dados de subgrupos sobre embalagens de suco defeituosas para aplicação da Carta P

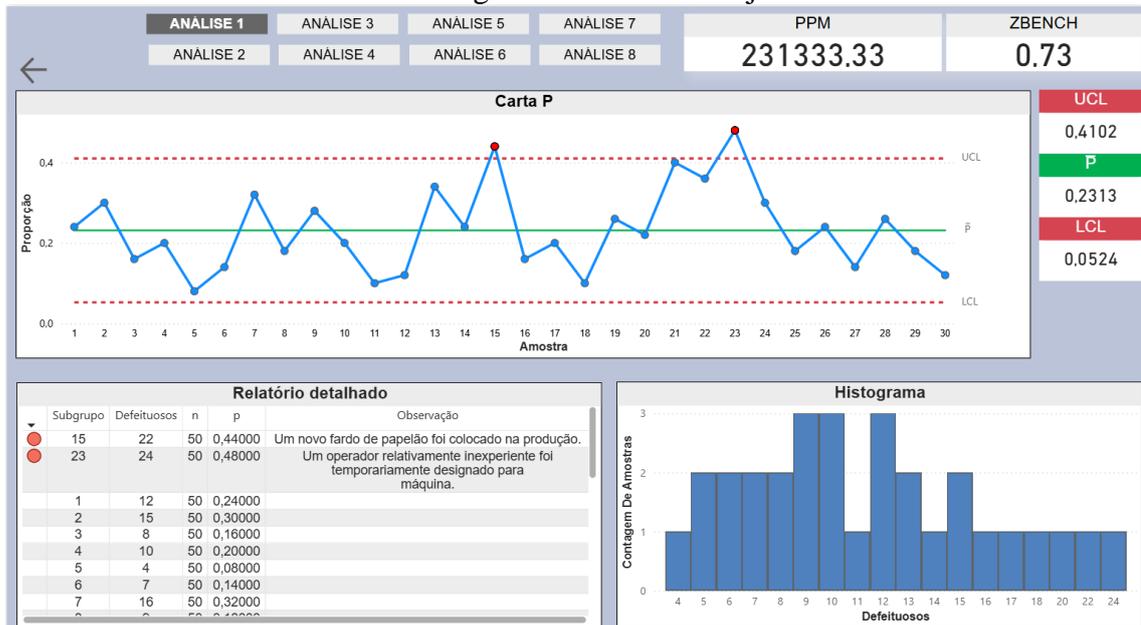
Subgrupo	Defeituosos	n	Observação
1	12	50	
2	15	50	
3	8	50	
4	10	50	
5	4	50	
6	7	50	
7	16	50	
8	9	50	
9	14	50	
10	10	50	
11	5	50	
12	6	50	
13	17	50	
14	12	50	
15	22	50	Um novo fardo de papelão foi colocado na produção.
16	8	50	
17	10	50	
18	5	50	
19	13	50	
20	11	50	
21	20	50	
22	18	50	
23	24	50	Um operador relativamente inexperiente foi temporariamente designado para máquina.
24	15	50	
25	9	50	
26	12	50	
27	7	50	
28	13	50	
29	9	50	
30	6	50	

Fonte: Adaptado de Montgomery (2013, p. 301).

4.1.1.2 Cálculo dos Limites de Controle Iniciais

Com base nas 30 amostras coletadas, foi realizado o cálculo inicial dos limites de controle. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 10, com os seguintes valores:

Figura 10 – Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta P na análise de embalagens de suco de laranja



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- Limite Superior de Controle (UCL) = 0,4102;
- Média (\bar{p}) = 0,2313;
- Limite Inferior de Controle (LCL) = 0,0524.

4.1.1.3 Análise da Estabilidade do Processo

Na Figura 10, foram identificadas duas causas especiais: os subgrupos 15 e 23, que apresentaram proporções de unidades defeituosas significativamente acima dos limites de controle estabelecidos. Verificou-se que, na amostra 15, a causa esteve relacionada à troca do lote de matéria-prima (papelão), enquanto, na amostra 23, o motivo identificado foi a operação da máquina por um operador ainda inexperiente.

Após a identificação dessas causas, os respectivos subgrupos foram automaticamente removidos pelo *dashboard* na (Figura 11), possibilitando o recálculo dos limites de controle com base nos subgrupos restantes:

Figura 11 – Análise de estabilidade com limites de controle recalculados para a Carta P na análise de embalagens de suco de laranja



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- Limite Superior de Controle (UCL) = 0,3893;
- Média (\bar{p}) = 0,2150;
- Limite Inferior de Controle (LCL) = 0,0407.

Mesmo após o novo cálculo, verificou-se que a amostra 21 ultrapassou o UCL. No entanto, como não foi possível identificar uma causa específica para essa variação, optou-se por mantê-la no conjunto de dados analisado.

De acordo com Montgomery (2013), mesmo quando um ponto de uma carta de controle ultrapassa o limite superior, se não houver causa atribuível identificada, ele pode ser mantido no gráfico. Entretanto, caso seja identificado que um operador temporário esteve presente durante o intervalo de tempo em que determinadas amostras foram coletadas, recomenda-se considerar a remoção de todas as amostras obtidas nesse período, mesmo que apenas uma delas tenha ultrapassado os limites de controle, pois a atuação de um operador inexperiente pode impactar negativamente a fração de defeituosos em todo o intervalo. Fatores externos, como a atuação de operadores inexperientes, podem justificar a exclusão de um conjunto de medições.

Antes de afirmar que o processo está sob controle, é fundamental verificar a presença de padrões não aleatórios.

4.1.1.4 Avaliação da Capabilidade do Processo

A análise de capacidade apresentou um Zbench de 0,79 e um PPM de 215.000. Conforme a Tabela 1, que relaciona os níveis sigma ao número de defeituosos, o valor obtido

está bem abaixo do mínimo de controle de 1 sigma, indicando baixo desempenho do processo e alta proporção de unidades defeituosas. Considerando que um padrão ideal de qualidade, como o 6 sigma, busca um PPM próximo de zero, fica evidente que a capacidade do processo é inadequada.

4.1.2 Análise de Rolos de Tecido com a Carta U

Este exemplo apresenta a construção e a operação de um gráfico de controle de defeitos por unidade (Carta U), com base no estudo de Montgomery (2013, p. 328).

4.1.2.1 Planejamento da Coleta de Dados

No exemplo em questão, uma fábrica de acabamento de tecidos realiza inspeções em lotes de tecido tingido, a cada 50 metros quadrados, com o objetivo de identificar possíveis não conformidades. Para a análise, foram avaliadas 10 amostras de rolos de tecidos, apresentando diferentes metragens e distintas quantidades de não conformidades registradas. Na análise, não foram encontrados registros no campo observação das amostras coletadas.

Os dados coletados foram organizados em subgrupos e estão apresentados na Tabela 3, estruturados da seguinte forma:

- Lote (subgrupo);
- Total de defeitos (Defeitos);
- Total de rolos de tecidos (n);
- Observação.

Tabela 3 - Dados de subgrupos sobre não conformidades em tecidos para aplicação da Carta

U			
Subgrupo	Defeitos	n	Observação
1	14	10	
2	12	8	
3	20	13	
4	11	10	
5	7	9.5	
6	10	10	
7	21	12	
8	16	10.5	
9	19	12	
10	23	12.5	

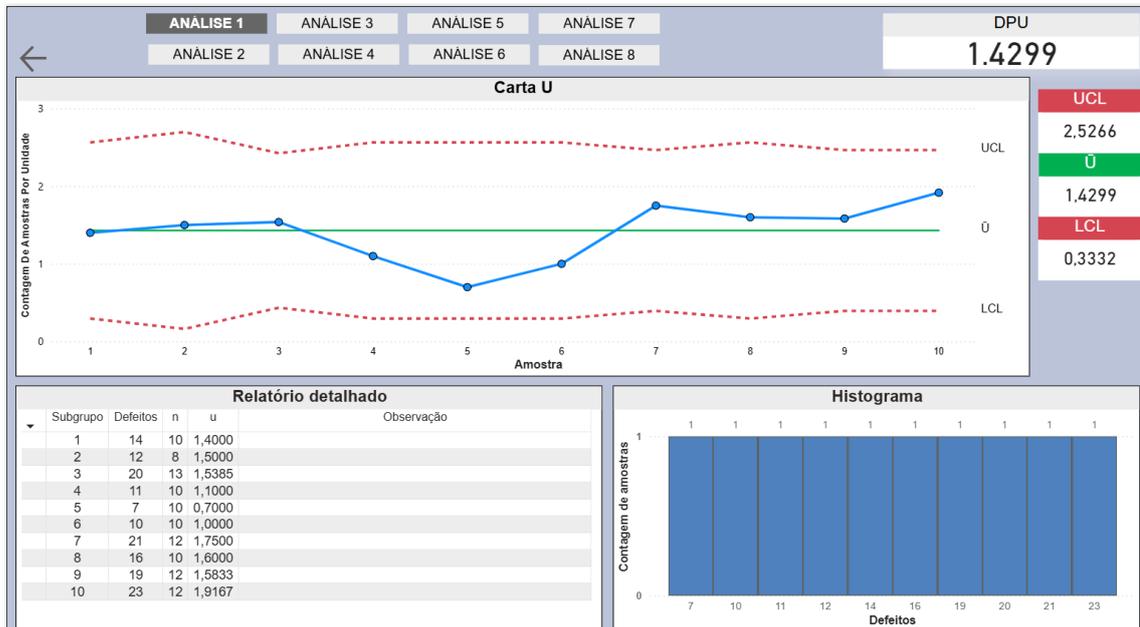
Fonte: Adaptado de Montgomery, (2013, p. 328).

4.1.2.2 Cálculo dos Limites de Controle Iniciais

Com base nas 10 amostras coletadas, foi realizado o cálculo inicial dos limites de controle por meio da Carta U, conforme ilustrado na

Figura 12. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Figura 12 – Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta U na análise de não conformidades em rolos de tecido



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- Limite Superior de Controle (UCL) = 2,5266;
- Média (\bar{u}) = 1,4299;
- Limite Inferior de Controle (LCL) = 0.3332.

4.1.2.3 Análise da Estabilidade do Processo

A Figura 12 evidenciou que todas as amostras permaneceram dentro dos limites de controle estabelecidos. Tal resultado demonstra que, com base nos dados analisados, o processo encontra-se sob controle estatístico, não apresentando indícios de causas especiais de variação.

4.1.2.4 Avaliação da capacidade do Processo

A análise de capacidade do processo revelou um DPU de 1,4299, o que significa que, em média, ocorrem aproximadamente 1,43 defeitos por unidade produzida. Esse resultado evidencia que o processo apresenta uma quantidade significativa de não conformidades.

4.2 APLICAÇÃO DA CARTA U EM UM CASO REAL: ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES DE DOCUMENTOS

4.2.1 Planejamento da Coleta de Dados

A empresa em estudo trata-se de um escritório de advocacia, e a análise apresentada corresponde às não conformidades registradas pela controladoria. Esse setor é responsável por validar as documentações encaminhadas pelos departamentos, que, posteriormente, são

registradas e enviadas ao sistema judicial por meio de tarefas. Para o monitoramento dessas ocorrências, foi adotada a Carta U, que possibilita acompanhar a frequência de não conformidades (defeitos) identificáveis ao longo do tempo.

A controladoria realiza, diariamente, auditorias nas documentações enviadas, verificando sua conformidade com os padrões e requisitos previamente estabelecidos. Quando uma irregularidade é identificada, registra-se uma não conformidade específica para cada ocorrência, que, em seguida, é encaminhada ao responsável para correção e esclarecimento.

Entre os principais motivos que ocasionam o registro de não conformidades estão: documentação não organizada; ausência de documentos; inclusão de documentação pertencente a outra pessoa; ausência de informações na observação da tarefa; documentos ilegíveis; inconsistência de dados; formato de arquivo incorreto; documentação duplicada; ausência de assinatura ou carimbo obrigatório; envio fora do prazo; campos obrigatórios não preenchidos no sistema; arquivos corrompidos; utilização de modelo desatualizado e ausência de anexos complementares.

O subgrupo de análise corresponde a um dia de operação, totalizando 25 dias avaliados. Os registros foram inseridos diariamente no sistema, que realiza o controle das informações e possibilita a extração do relatório utilizado nesta análise, conforme apresentado na Tabela 4. O tamanho da amostra é variável, uma vez que depende do número de tarefas enviadas pelos departamentos.

Os dados coletados incluem:

- Dia (subgrupo);
- Total de não conformidades registradas nas tarefas (Defeitos);
- Total de tarefas recebidas pela controladoria (n);
- Observação.

Tabela 4 - Dados de subgrupos sobre não conformidades em documentos para aplicação da Carta U

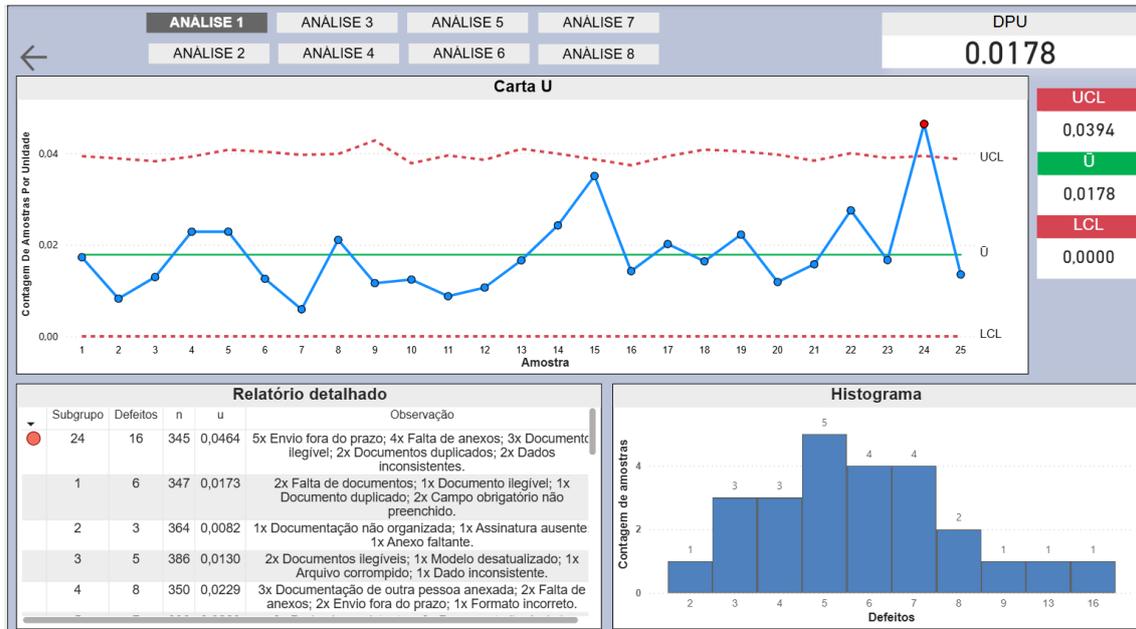
Subgrupo	Defeitos	n	Observação
1	6	347	2x Falta de documentos; 1x Documento ilegível; 1x Documento duplicado; 2x Campo obrigatório não preenchido.
2	3	364	1x Documentação não organizada; 1x Assinatura ausente; 1x Anexo faltante.
3	5	386	2x Documentos ilegíveis; 1x Modelo desatualizado; 1x Arquivo corrompido; 1x Dado inconsistente.
4	8	350	3x Documentação de outra pessoa anexada; 2x Falta de anexos; 2x Envio fora do prazo; 1x Formato incorreto.
5	7	306	3x Dados inconsistentes; 2x Documento ilegível; 1x Modelo desatualizado; 1x Campo não preenchido.
6	4	318	2x Falta de assinatura; 1x Documento duplicado; 1x Anexo faltante.
7	2	338	1x Modelo desatualizado; 1x Falta de documentos obrigatórios.
8	7	332	3x Falta de anexos; 2x Documento duplicado; 1x Prazo perdido; 1x Documento ilegível.
9	3	258	2x Formato incorreto; 1x Arquivo corrompido.
10	5	403	3x Documentação duplicada; 1x Assinatura ausente; 1x Campo obrigatório não preenchido.
11	3	342	2x Envio fora do prazo; 1x Falta de anexos.
12	4	375	2x Campo obrigatório não preenchido; 1x Documento ilegível; 1x Modelo desatualizado.
13	5	301	2x Falta de carimbo; 1x Assinatura ausente; 1x Documento ilegível; 1x Anexo faltante.
14	8	330	4x Arquivos corrompidos; 2x Documentos ilegíveis; 1x Modelo desatualizado; 1x Prazo perdido.
15	13	371	6x Campo observação não preenchido; 3x Dados inconsistentes; 2x Documento ilegível; 2x Falta de anexos.
16	6	421	2x Dados inconsistentes; 2x Documento duplicado; 1x Falta de assinatura; 1x Arquivo corrompido.
17	7	347	3x Documentos ilegíveis; 2x Falta de anexos; 1x Modelo desatualizado; 1x Prazo perdido.
18	5	305	2x Documentação não organizada; 1x Documento duplicado; 1x Anexo faltante; 1x Campo obrigatório não preenchido.
19	7	315	3x Falta de documentos obrigatórios; 2x Assinatura ausente; 1x Arquivo corrompido; 1x Dado inconsistente.
20	4	337	2x Modelo desatualizado; 1x Documento ilegível; 1x Campo obrigatório não preenchido.
21	6	381	3x Formato incorreto; 2x Documento ilegível; 1x Falta de assinatura.
22	9	327	4x Documentação duplicada; 2x Falta de anexos; 2x Arquivos corrompidos; 1x Campo obrigatório não preenchido.
23	6	360	3x Campo observação não preenchido; 1x Assinatura ausente; 1x Documento ilegível; 1x Falta de anexos.
24	16	345	5x Envio fora do prazo; 4x Falta de anexos; 3x Documento ilegível; 2x Documentos duplicados; 2x Dados inconsistentes.
25	5	370	2x Falta de assinatura; 1x Documento ilegível; 1x Arquivo corrompido; 1x Modelo desatualizado.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.2 Cálculo dos Limites de Controle Iniciais

Com base nas 25 amostras coletadas, foi realizado o cálculo inicial dos limites de controle, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Estabelecimento dos limites de controle iniciais para a Carta U na análise de não conformidades em documentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

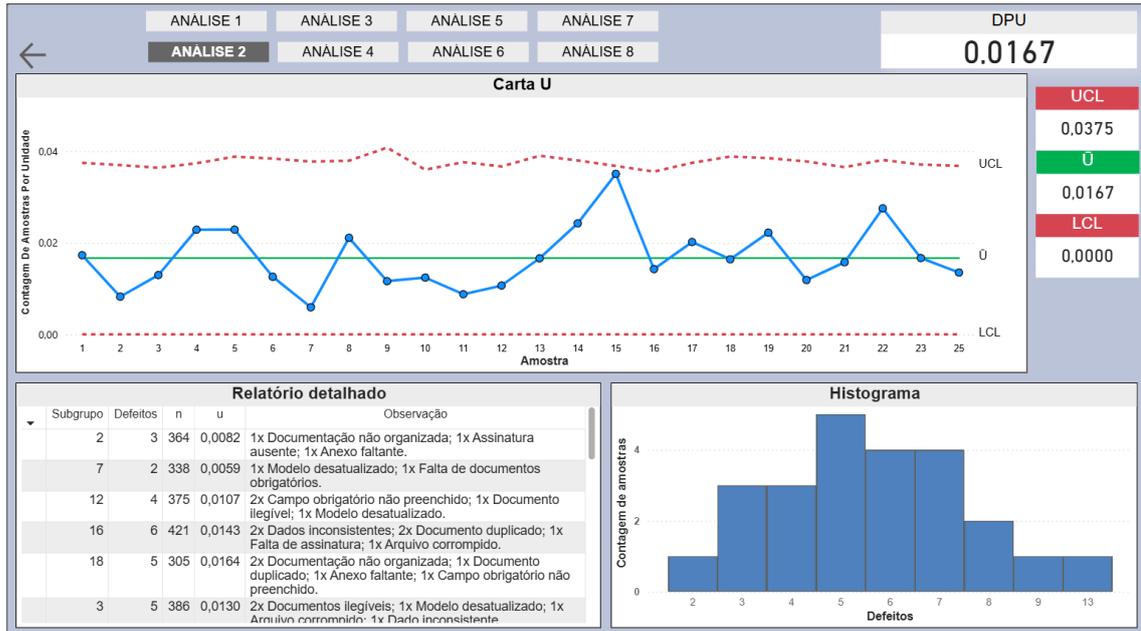
- Limite Superior de Controle (UCL) = 0,0394;
- Média (\bar{u}) = 0,0178;
- Limite Inferior de Controle (LCL) = 0.

4.2.3 Análise da Estabilidade do Processo

Na Figura 13 foi identificada uma causa especial no subgrupo 24. Nesse subgrupo, a não conformidade mais recorrente esteve relacionada ao envio de documentos fora do prazo, o que evidencia que a entrega da documentação ocorreu em cima da hora. Esse fator possivelmente contribuiu para o aumento significativo de defeitos nesse dia.

Como esse ponto indicava a presença de variação especial, ele foi automaticamente removido pelo *dashboard* na Figura 14, e, a partir disso, os limites de controle foram recalculados, resultando nos valores apresentados a seguir:

Figura 14 – Análise de estabilidade com limites de controle recalculados para a Carta U na análise de não conformidades em documentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

- Limite Superior de Controle (UCL) = 0,0375;
- Média (\bar{u}) = 0,0167;
- Limite Inferior de Controle (LCL) = 0.

Na Análise 2, não foram identificadas novas causas especiais, indicando que o processo apresenta estabilidade estatística.

4.2.4 Avaliação da Capabilidade do Processo

Na avaliação de capacidade, obteve-se um valor de DPU igual a 0,0167. Esse resultado indica que, embora o processo apresente estabilidade estatística, a quantidade de defeitos ainda é considerada elevada para o tipo de serviço analisado.

5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a eficácia de um *dashboard* desenvolvido em Power BI como ferramenta para a aplicação da Fase I do CEP com cartas de controle por atributos (P e U). A solução mostrou-se robusta para automatizar o cálculo de limites de controle, identificar causas especiais de variação e avaliar a estabilidade e a capacidade de diferentes processos.

A ferramenta teve sua aplicabilidade validada em cenários distintos. Primeiramente, seus resultados foram confrontados com dois casos clássicos da literatura de Montgomery (2013): a análise de embalagens de suco defeituosas (Carta P) e a inspeção de não conformidades em tecidos (Carta U). Subsequentemente, a ferramenta foi aplicada em um estudo de caso real, monitorando a ocorrência de não conformidades no processo de validação de documentos de um escritório de advocacia (Carta U).

Em todas as aplicações, o *dashboard* identificou instabilidades do processo e pontos fora de controle que exigiam investigação. O recálculo automático dos limites, após a remoção justificada das causas especiais, permitiu conduzir os processos a um estado de controle estatístico, fornecendo uma base confiável para a análise de capacidade com indicadores como PPM, Zbench e DPU.

O principal diferencial deste trabalho está na integração do CEP com ferramentas de *Business Intelligence*. Ao automatizar cálculos e apresentar resultados em um *dashboard* interativo, a análise estatística torna-se mais acessível e ágil para gestores e equipes de qualidade, que não necessitam de domínio aprofundado de softwares estatísticos. Essa abordagem facilita a tomada de decisão baseada em dados e contribui para acelerar o ciclo de melhoria contínua, transformando dados brutos em informação estratégica.

Como limitação, este estudo concentrou-se exclusivamente na Fase I do CEP e nas cartas de controle por atributos (P e U). Para trabalhos futuros, recomenda-se a expansão do *dashboard* para a Fase II do CEP, voltada ao monitoramento contínuo do processo, bem como a inclusão de testes complementares para a detecção de causas especiais.

Em síntese, o trabalho desenvolvido não apenas confirma a relevância da Fase I no CEP, mas também apresenta uma inovação prática ao integrar conceitos estatísticos a ferramentas modernas de *Business Intelligence*. Essa contribuição reforça a importância da união entre teoria e aplicação tecnológica, consolidando o *dashboard* como um recurso útil e replicável para a gestão da qualidade em diferentes contextos organizacionais.

REFERÊNCIAS

ASLAM, M.; JUN, C. H. Attribute control charts for the Weibull distribution under truncated life tests. **Quality Engineering**, v. 27, n. 3, p. 283–288, 2015. <https://doi.org/10.1080/08982112.2015.1017649>.

ATALAY, M.; TESTIK, M. C.; DURAN, S.; WEIß, C. H. Guidelines for automating Phase I of control charts by considering effects on Phase-II performance of individuals control chart. **Quality Engineering**, v. 32, n. 2, p. 223-243, 2019. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1080/08982112.2019.1641208>.

Automotive Industry Action Group (AIAG). **Statistical Process Control (SPC) Reference Manual**. 2. ed. Southfield: AIAG, 2005.

CHUKHROVA, N.; JOHANNSEN, A. Hypergeometric p-chart with dynamic probability control limits for monitoring processes with variable sample and population sizes. **Computers & Industrial Engineering**, Amsterdam, v. 136, p. 681-701, out. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.056>.

FARAZ, A.; SANDERS, N.; ZACHARIA, Z.; GERSCHBERGER, M. Monitoring type B buyer–supplier relationships. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 18, p. 6225–6239, 2018. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444285>.

JONES-FARMER, L. A. *et al.* An overview of Phase I analysis for process improvement and monitoring. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 46, n. 3, p. 265-280, jul. 2014. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1080/00224065.2014.11917969>.

MINITAB. Desempenho global esperado para análise de capacidade entre/dentro. **Minitab**, [2025]. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/between-within-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/expected-overall-performance/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

MINITAB. PPM como indicação da melhoria do processo. **Minitab**, [2025]. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/capability-metrics/ppm/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

MINITAB. Z Bench como estimativa da capacidade sigma. **Minitab**, [2025]. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/capability-metrics/z-bench-as-an-estimate-of-sigma-capability/>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 7. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

PYZDEK, T. **The Six Sigma Handbook**: revised and expanded: a complete guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. New York: McGraw-Hill, 2003.

SARIKAYA, A. *et al.* What do we talk about when we talk about dashboards? **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 25, n. 1, p. 682–692, jan. 2019. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2864903>.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. **Business intelligence e análise de dados para gestão do negócio**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019. E-book.

TOLEDO, J. C. de; BORRÁS, M. Á. A.; MERGULHÃO, R. C. **Qualidade**: gestão e métodos. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas**. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2014. E-book.

WOODALL, W. H. Bridging the gap between theory and practice in basic statistical process monitoring. **Quality Engineering**, v. 29, n. 1, p. 2–15, 2016. <https://doi.org/10.1080/08982112.2016.1210449>.

WOODALL, W. H.; MONTGOMERY, D. C. Research issues and ideas in statistical process control. **Journal of Quality Technology**, v. 31, n. 4, p. 376–386, 1999. <https://doi.org/10.1080/00224065.1999.11979944>.

APÊNDICE A – Medidas DAX

Quadro 1 - Medidas DAX da Carta P

Medidas DAX	Funções DAX	Descrição
Proporção de Defeitos por Subgrupo (p)	$p =$ DIVIDE('Dados_Carta_P'[Defeitos], 'Dados_Carta_P'[n])	Calcula a proporção de defeituosos em cada subgrupo.
Contagem de Subgrupos	M_Carta_P_Subgrupo_1 = COUNT(Dados_Carta_P[Subgrupo])	Conta o número total de subgrupos.
Média da Proporção de defeituosos (\bar{p})	M_Pbar_1 = CALCULATE(DIVIDE(SUM('Dados_Carta_P'[Defeitos]), SUM('Dados_Carta_P'[n])), ALL('Dados_Carta_P'))	Calcula a proporção média de defeituosos (\bar{p}) para todos os subgrupos.
Limite Inferior de Controle (LCL)	M_LCL_1 = VAR p1 = [M_Pbar_1] VAR n1 = [M_P_n_1] VAR ns1 = [M_Carta_P_Subgrupo_1] VAR LCL_Calculation = IF (AND (n1 > 0, ns1 > 0), p1 - 3 * SQRT((p1*(1-p1))/n1), BLANK()) RETURN IF(LCL_Calculation < 0, 0, LCL_Calculation)	Calcula o LCL (Limite Inferior de Controle). Se o valor for negativo, retorna 0.
Limite Superior de Controle (UCL)	M_UCL_1 = VAR p1 = [M_Pbar_1] VAR n1 = [M_P_n_1] VAR ns1 = [M_Carta_P_Subgrupo_1] RETURN IF(AND(ns1 > 0, n1 > 0), p1 + 3 * SQRT((p1*(1-p1))/n1), BLANK())	Calcula o UCL (Limite Superior de Controle).
Aparecimento do Outlier no <i>Dashboard</i>	M_Outliers_1 = VAR LimiteSuperior = [M_UCL_1] VAR LimiteInferior = [M_LCL_1] VAR Result = IF([M_p] > LimiteSuperior [M_p] < LimiteInferior, [M_p], BLANK()) RETURN Result	Identifica os pontos fora dos limites de controle (outliers).
Soma da proporção de defeituosos	M_p = SUM(Dados_Carta_P[p])	Soma das proporções de defeituosos de todos os subgrupos.
PPM	M_PPM_1 = [M_Pbar_1] * 10^6	Converte a proporção média de defeitos para partes por milhão.
Cálculo do Zbench	M_Zbench_1 = NORM.S.INV(1-[M_Pbar_1])	Calcula o valor de Zbench, que representa a capacidade do processo em termos de desvio padrão da distribuição normal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quadro 2 - Medidas DAX da Carta U

Medidas DAX	Funções DAX	Descrição
Média de defeitos por unidade (u)	$u =$ DIVIDE(Dados_Carta_U[Defeitos], Dados_Carta_U[n])	Calcula o número médio defeitos por unidade em cada subgrupo.
Média das amostras por subgrupo (\bar{n})	$M_{U_n_1} =$ DIVIDE(SUM(Dados_Carta_U[n]), COUNT(Dados_Carta_U[Subgrupo]))	Calcula o tamanho médio da amostra por subgrupo.
Média de defeitos unidade (\bar{u})	$M_{U_{\bar{u}}_1} =$ CALCULATE(DIVIDE(SUM(Dados_Carta_U[Defeitos]), SUM(Dados_Carta_U[n])), ALL(Dados_Carta_U))	Calcula a média geral de defeitos por unidade (\bar{u}).
Limite Inferior de Controle (LCL)	$M_{U_{LCL}_1} =$ $VAR_{u1} =$ [$M_{U_{\bar{u}}_1}$] VAR n1 = [$M_{U_n_1}$] VAR LCL_Calculation = IF(n1 > 0, u1 - 3 * SQRT(u1 / n1), BLANK()) RETURN IF(LCL_Calculation < 0, 0, LCL_Calculation)	Calcula o LCL (Limite Inferior de Controle) da Carta U. Se o valor for negativo, retorna 0.
Limite Superior de Controle (UCL)	$M_{U_{UCL}_1} =$ $VAR_{u1} =$ [$M_{U_{\bar{u}}_1}$] VAR n1 = [$M_{U_n_1}$] RETURN IF(n1 > 0, u1 + 3 * SQRT(u1 / n1), BLANK())	Calcula o UCL (Limite Superior de Controle) da Carta U.
Aparecimento do Outlier no <i>Dashboard</i>	$M_{U_{Outliers}_1} =$ VAR LimiteSuperior = [$M_{U_{UCL}_1}$] VAR LimiteInferior = [$M_{U_{LCL}_1}$] VAR Result = IF([M_{U_u}] > LimiteSuperior [M_{U_u}] < LimiteInferior, [M_{U_u}], BLANK()) RETURN Result	Identifica os pontos fora dos limites de controle (outliers).
Soma da média de defeitos por unidade	$M_{U_u} =$ SUM(Dados_Carta_U[u])	Calcula a soma das médias de defeitos por unidade de todos os subgrupos.
Cálculo de DPU	$M_{U_{\bar{u}}_1} =$ CALCULATE(DIVIDE(SUM(Dados_Carta_U[Defeitos]), SUM(Dados_Carta_U[n])), ALL('Dados_Carta_U'))	Calcula o indicador de defeitos por unidade.

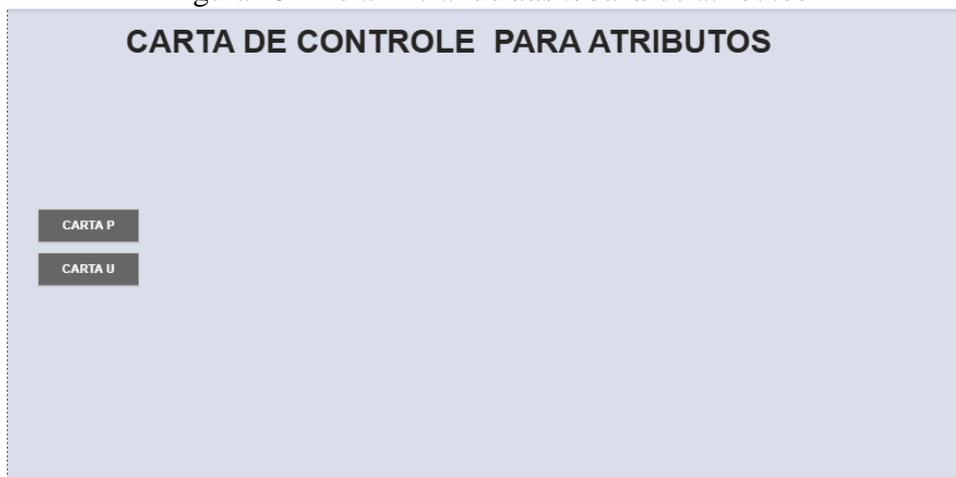
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

APÊNDICE B – Procedimentos para atualização de dados no *dashboard*

O Microsoft Power BI é uma ferramenta de *Business Intelligence* que oferece diversas funcionalidades para a análise e visualização de dados. Além da conexão com fontes de dados locais, a plataforma permite a integração com arquivos e serviços disponibilizados online, otimizando o processo de atualização e compartilhamento de informações.

Para o correto funcionamento do *dashboard* desenvolvido, é necessário utilizar a planilha denominada “Carta Atributo” como base de dados. Ao abrir o arquivo no Power BI, o usuário tem a possibilidade de selecionar o tipo de análise a ser realizada, optando entre a Carta P ou a Carta U, de acordo com a natureza dos dados e os objetivos do estudo, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Tela inicial do *dashboard* de atributos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A planilha “Carta Atributo” possui duas abas: Carta P (Figura 16) e Carta U (Figura 17). Para o preenchimento da aba Carta P, o usuário deve informar as seguintes informações:

- Subgrupo;
- Defeituosos;
- n (tamanho do subgrupo);
- Observação (opcional).

Figura 16 - Planilha “Carta Atributo” (Carta P)

	A	B	C	D
1	Subgrupo -	Defeituosos -	n -	Observação -
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na aba Carta U, o preenchimento obrigatório segue a mesma lógica da aba anterior, sendo que a coluna “B” agora deve registrar os defeitos em vez defeituosos.

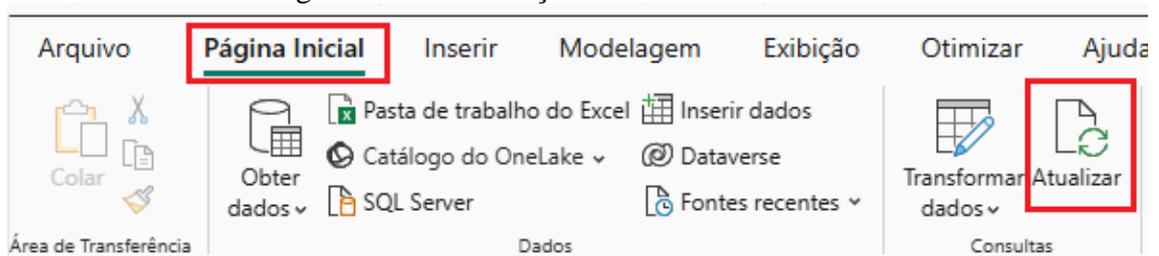
Figura 17 - Planilha “Carta Atributo” (Carta U)

	A	B	C	D
1	Subgrupo -	Defeitos -	n -	Observação -
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a inserção dos novos dados na planilha, salve o arquivo e atualize no Power BI conforme o seguinte caminho: *Página Inicial* > *Consultas* > *Atualizar*, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Atualização dos dados no Power BI



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para ter acesso ao *dashboard* utilizado neste estudo, será necessário acessar este link ou QR Code: <https://tr.ee/ccW3Sbkp2d>

Figura 19 - QR Code para acessar o *dashboard*.



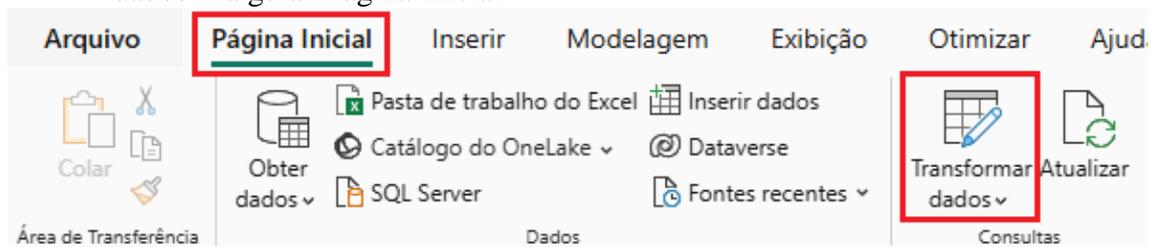
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

APÊNDICE B.1 Procedimento para atualização de fonte de dados do arquivo local

Caso o arquivo da planilha seja movido ou salvo em outra pasta, será necessário atualizar o caminho da fonte de dados no Power BI. Para isso, deve-se seguir os seguintes passos, conforme ilustrado na Figura 20:

1. Salvar a planilha “Carta Atributo” na pasta desejada do computador;
2. No Power BI, acessar o menu *Página Inicial* > *Transformar Dados*.

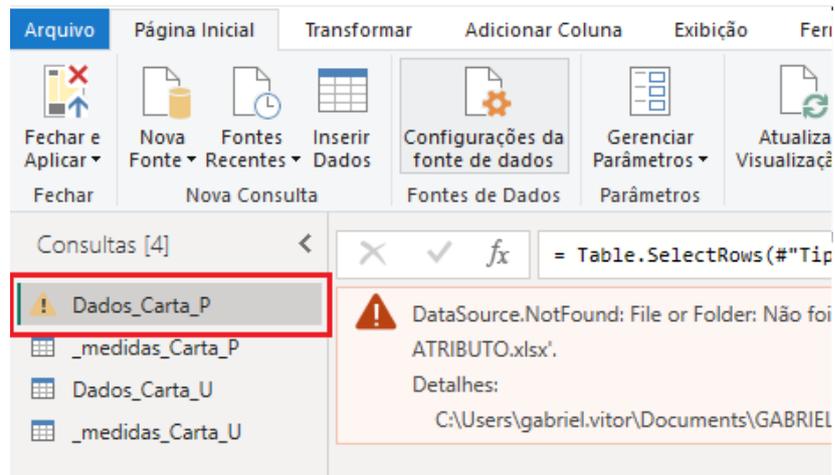
Figura 20 - Etapa 1 do processo de atualização: Acionando o botão "Transformar dados" na guia "Página Inicial"



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na área de consultas do Power BI, deve-se selecionar a opção *Dados_Carta_P*, conforme apresentado na Figura 21.

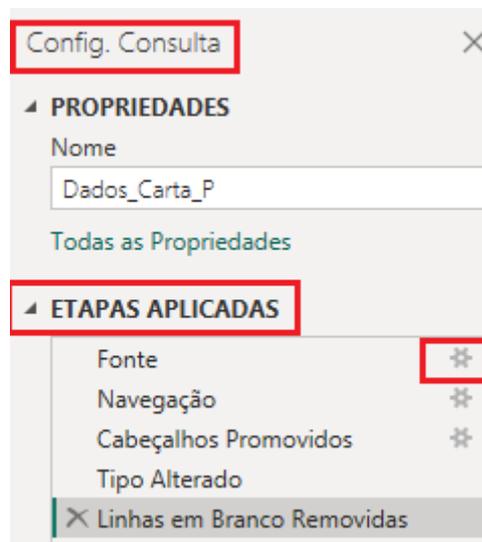
Figura 21 - Etapa 2 do processo de atualização: Identificando e selecionando a consulta "Dados_Carta_P"



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em seguida, deve-se acessar *Configuração da Consulta*, localizado no lado direito, e selecione *Etapas Aplicadas > Fonte > Configuração*, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Etapa 3 do processo de atualização: Acessando as configurações da fonte de dados no painel "Etapas Aplicadas"



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após essa etapa, insira o novo caminho do arquivo e confirme a operação clicando em OK, conforme apresentado na Figura 23.

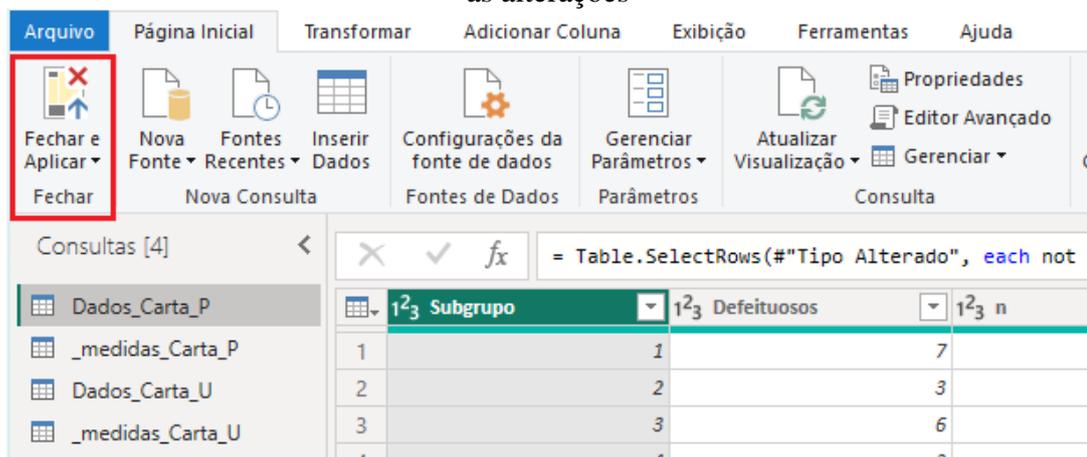
Figura 23 - Etapa 4 do processo de atualização: Inserindo o novo caminho do arquivo e confirmando a alteração



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O mesmo procedimento deve ser repetido para a opção *Dados_Carta_U*. Para finalizar, deve-se clicar em *Página Inicial > Fechar e Aplicar*, conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 - Etapa 5 do processo de atualização: Clicando em "Fechar e Aplicar" para concluir as alterações



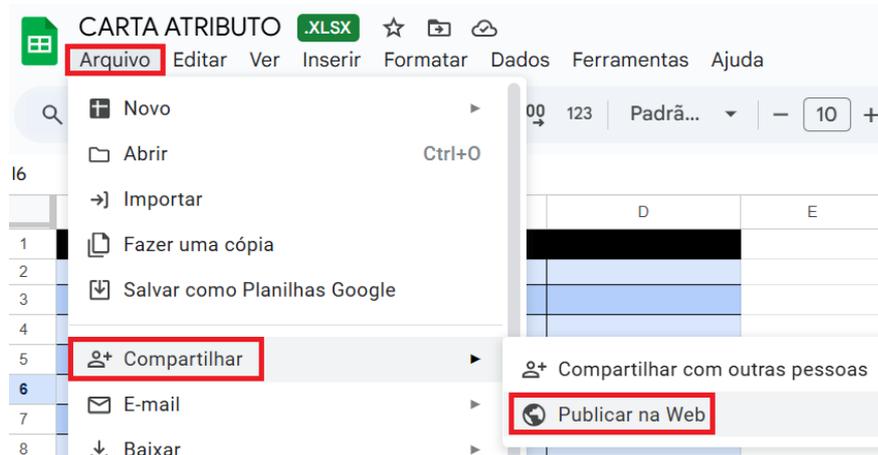
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

APÊNDICE B.2 Procedimento para atualização de fonte de dados do arquivo online

O Power BI também possibilita a conexão com arquivos disponibilizados online. A seguir, apresenta-se o procedimento para integrar o *dashboard* a uma planilha do Google Sheets armazenada no Google Drive.

Inicialmente, é necessário realizar o upload da planilha no Google Drive. Em seguida, abra o arquivo e clique em *Arquivo > Compartilhar > Publicar na Web*, conforme ilustrado na Figura 25.

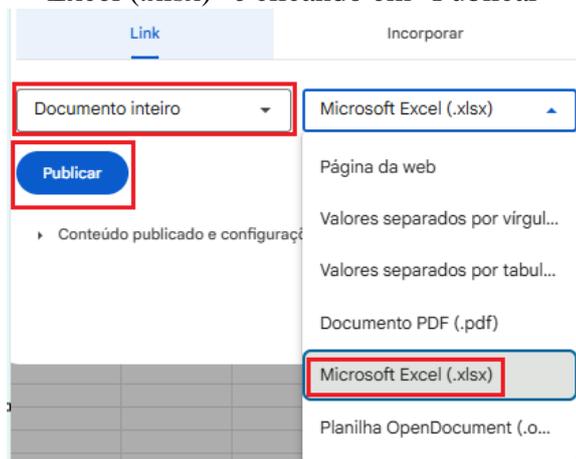
Figura 25 - Etapa 1 da conexão com a planilha online: Acessando a opção "Publicar na Web" no Google Sheets.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

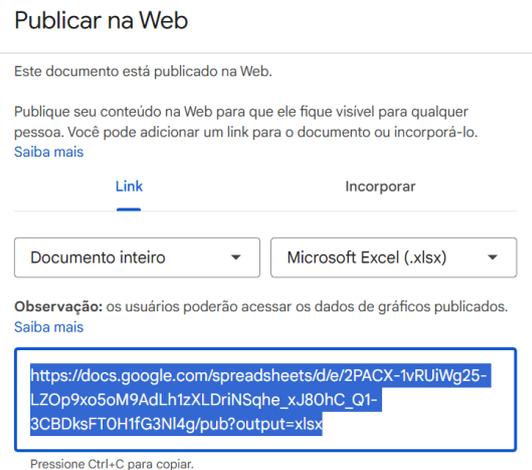
Na etapa seguinte, selecione *Documento inteiro (todas as abas)*, escolha o formato *Microsoft Excel* e clique em *Publicar*, conforme apresentado na Figura 26. Em seguida, copie o link gerado, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 26 - Etapa 2 da conexão com planilha online: Selecionando o formato "Microsoft Excel (.xlsx)" e clicando em "Publicar"



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

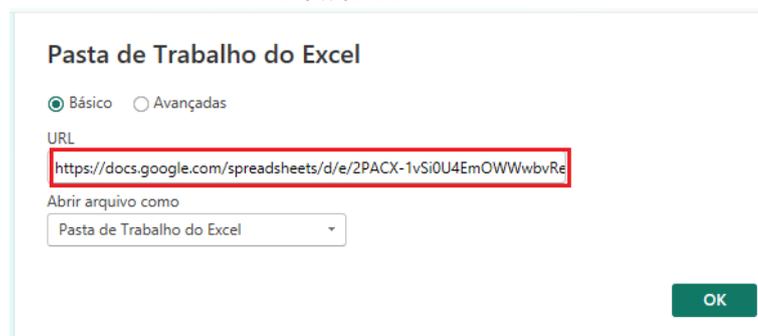
Figura 27 - Etapa 3 da conexão com a planilha online: Copiando o link gerado pelo Google Sheets.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No Power BI, acesse Configuração da Consulta localizada ao lado direito, e selecione *Etapas Aplicadas > Fonte > Configuração* (Figura 22). Em seguida, cole o link da planilha e confirme clicando em OK, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Etapa 4 da conexão com a planilha online: Inserindo o link do Google Sheets no Power BI



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Repita o procedimento para ambas as tabelas, *Dados_Carta_P* e *Dados_Carta_U*, e finalize a operação clicando em *Fechar* e *Aplicar*, conforme a Figura 24.

Observação: A atualização de dados a partir de arquivos salvos localmente no Desktop é significativamente mais rápida do que a atualização por meio de arquivos online.