



ConBREpro

XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

A Utilização de Ferramentas da Qualidade para o monitoramento da qualidade do papel – Um estudo de caso

Crislaine Rodrigues Galan

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Kovaleski

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luís Maurício Martins de Resende

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: Em um cenário industrial marcado por alta competitividade e exigências crescentes dos clientes, o uso sistemático das ferramentas da qualidade se mostra essencial para o aprimoramento dos processos e produtos. Este estudo de caso, realizado em uma indústria de papel do Paraná, teve como objetivo demonstrar a eficácia dessas ferramentas no monitoramento da qualidade do papel Liner 190g. Foram aplicadas cinco ferramentas: Fluxograma, Gráfico de Pareto, Folha de Verificação, Carta de Controle X-barra e Diagrama de Ishikawa. Através do Gráfico de Pareto, identificou-se o teste de resistência ao arrebentamento (*Mullen*) como o principal ponto crítico de não conformidade. Dados coletados por meio da Folha de Verificação e analisados na Carta de Controle revelaram que o processo estava fora dos limites estatísticos de controle, indicando a necessidade de intervenção. O Diagrama de Ishikawa permitiu a identificação de causas relacionadas a mão-de-obra, métodos, materiais, máquinas e medidas. Como ação corretiva, foi desenvolvido um *checklist* prático para auxiliar na identificação e correção de falhas em tempo real. Os resultados confirmam que o uso integrado das ferramentas da qualidade promove melhoria contínua, aumenta a confiabilidade dos processos e fortalece a cultura da qualidade. O estudo oferece uma referência prática para empresas do setor papeleiro e outros segmentos industriais que buscam elevar seus padrões de qualidade com base em dados objetivos.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade, Controle de processo, Melhoria contínua

The Use of Quality Tools for Monitoring Paper Quality – A Case Study

Abstract: In an industrial context marked by high competitiveness and increasing customer demands, the systematic use of quality tools proves essential for improving processes and products. This case study, conducted in a paper industry located in Paraná, Brazil, aimed to demonstrate the effectiveness of these tools in monitoring the quality of 190g Liner paper. Five tools were applied: Flowchart, Pareto Chart, Check Sheet, X-bar Control Chart, and Ishikawa Diagram. Through the Pareto Chart, the bursting strength test (*Mullen*) was identified as the main critical point of non-

conformity. Data collected using the Check Sheet and analyzed through the Control Chart revealed that the process was outside statistical control limits, indicating the need for intervention. The Ishikawa Diagram enabled the identification of causes related to manpower, methods, materials, machines, and measurements. As a corrective action, a practical checklist was developed to assist in the real-time identification and correction of failures. The results confirm that the integrated use of quality tools promotes continuous improvement, increases process reliability, and strengthens a culture of quality. This study offers a practical reference for companies in the paper sector and other industrial segments seeking to raise their quality standards based on objective data.

Keywords: Quality Tools; Process Control; Continuous Improvement.

1. Introdução

A competição acirrada nos mercados, aliada às constantes inovações tecnológicas e às crescentes exigências dos clientes, impõe às empresas a necessidade de garantir e promover a melhoria contínua da qualidade de seus produtos e processos. Nesse contexto, as ferramentas da qualidade destacam-se como importantes aliadas na identificação de falhas, na análise de causas e na definição de ações corretivas e preventivas baseadas em dados concretos.

A aplicação prática dessas ferramentas permite não apenas o monitoramento eficaz dos processos, mas também a promoção da melhoria contínua, aumentando a produtividade e a satisfação do cliente. BRAGA e ALMEIDA (2021) afirmam que o uso adequado dessas ferramentas é essencial para o desenvolvimento sustentável das organizações, pois potencializa a qualidade dos produtos e serviços oferecidos, fortalecendo a competitividade no mercado.

Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria de papel, com o objetivo de demonstrar como a utilização sistemática das ferramentas da qualidade pode contribuir significativamente para o monitoramento da qualidade do produto (Papel Liner 190 gramas). Por meio da aplicação de ferramentas como Fluxograma, Gráfico de Pareto, Folha de Verificação, Carta de Controle e Diagrama de Ishikawa, foram identificadas oportunidades de melhoria e implementadas ações que resultaram em avanços no monitoramento da qualidade do papel.

Ao evidenciar os resultados obtidos, este estudo busca não apenas validar a eficácia das ferramentas da qualidade, mas também oferecer uma referência prática para outras empresas do setor que desejam aprimorar seus processos produtivos e elevar seus padrões de qualidade.

2. Materiais e Métodos

2.1 Objeto do Estudo

A pesquisa foi realizada em uma indústria de papel localizada no interior do estado do Paraná. A empresa produz dois tipos de papel: o papel Liner (capa) e o papel MCO (miolo ou suporte), que são destinados para a cobertura das caixas de papelão. Comercializados em bobinas, os produtos são fabricados sob encomenda com diferentes gramaturas (110 a 190 gramas) e formatos (0,85 a 1,50 m).

A qualidade destes produtos é monitorada mediante a realização de cinco testes físicos: teste de gramatura, que tem por objetivo mensurar a quantidade de papel em gramas contido em um metro quadrado de papel; teste de Cobb, que tem por finalidade demonstrar a capacidade de absorção de água pelo papel em um determinado espaço de tempo; teste

de *Mullen* ou Resistência ao Arrebentamento, que mede a resistência do papel exercendo pressão numa área específica da sua superfície até seu rompimento; teste de RCT (transversal e longitudinal), que objetiva estimar a resistência do papel até deformá-lo e; teste de umidade, que estima a quantidade de água contida no papel. Todos esses testes são realizados no laboratório de Controle da Qualidade da empresa.

Considerando o grande número de variáveis envolvidas no processo produtivo do papel, foi necessário estabelecer estratégias para selecionar o produto e o teste físico a ser monitorado com a aplicação das ferramentas da qualidade. No que se refere ao produto, a escolha recaiu, por estratégia comercial da empresa, sobre o papel Liner 190 gramas, no formato de 1,50 m. Já a definição do teste físico foi orientada pela aplicação do Gráfico de Pareto, utilizado com o objetivo de identificar qual teste físico apresentava o maior número de bobinas não-conformes. O Quadro 1 apresenta as etapas realizadas, bem como as ferramentas de qualidade utilizadas em cada fase do estudo.

Quadro 1 – Etapas e Ferramentas da Qualidade utilizadas

Etapas	Ferramentas da Qualidade
1. Descrição do processo produtivo do Papel Liner 190 g	Fluxograma
2. Priorização do teste físico a ser monitorado	Gráfico de Pareto
3. Levantamento dos dados do teste físico selecionado e análise da variabilidade de seus resultados	Folha de Verificação e Carta de Controle. A Carta de Controle utilizada foi a Carta de Controle X - barra
4. Identificação das causas da variabilidade nos resultados do teste físico	Diagrama de Ishikawa

Fonte: Autores (2025)

2.2 Procedimentos Metodológicos

Quanto aos procedimentos metodológicos, este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, que de acordo com Gil (2002), apresenta como objetivo a análise profunda e trabalhosa de uma ou poucas questões, visando permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.

Em relação aos métodos, utilizou-se para a pesquisa tanto o método quantitativo, com a utilização de dados retirados por amostragem, elaboração de cálculos estatísticos (cujas fórmulas estão registradas na Tabela 1 e o valor dos fatores de cálculo para os limites de controle são apresentados na Tabela 2) e construção de gráficos, quanto o método qualitativo, por meio da utilização de informações fornecidas pela empresa e observação direta *in loco*. De acordo com Richardson (1999), o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Já o qualitativo, difere em princípio, do quantitativo à medida que não emprega um instrumental estatístico como base do processo de análise de um problema.

Tabela 1: Fórmulas utilizadas para os cálculos estatísticos da Carta de Controle X-barra

Descrição	Fórmulas
$\bar{\bar{X}}$ = média das médias m = número de amostras	$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m}$
$\bar{R}$ = amplitude média m = número de amostras	$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$
LSC = Limite de Controle Superior A_2 = valor do fator conforme número da amostra apresentado na Tabela 2	$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
LSI = Limite de Controle Inferior A_2 = valor do fator conforme número da amostra apresentado na Tabela 2	$LSI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

Fonte: Adaptado SLACK, 1996

Tabela 2: Fatores para cálculo dos limites de controle

Tamanho da Amostra m	A_2
2	1,880
3	1,023
4	0,729
5	0,577
6	0,483
7	0,419
8	0,373
9	0,337
10	0,308
12	0,266
14	0,235
16	0,212
18	0,194
20	0,180
22	0,167
24	0,157

Fonte: Adaptado SLACK, 1996

3. Referencial Teórico

3.1 Definições de Qualidade

O termo qualidade é amplamente difundido e utilizado nos mais diversos contextos, desde produtos e serviços até relações interpessoais e processos organizacionais. No entanto, sua definição pode ser bastante subjetiva, variando de acordo com a percepção, necessidades e expectativas de cada indivíduo ou grupo. Com o passar do tempo, muitas definições sobre o conceito de qualidade foram sendo elaboradas de forma gradual, integrando um processo constante de transformação e aprimoramento.

Para MIGUEL (2001, p.19) dentre as muitas definições sobre qualidade, deve-se destacar aquelas desenvolvidas pelos principais autores da área, sendo:

“Juran: A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, dessa forma, proporcionam a satisfação em relação ao produto. Deming: A qualidade é a perseguição às necessidades dos clientes e homogeneidade dos resultados do processo (...) deve visar às necessidades do usuário, presentes e futuras. Feigenbaum: Qualidade é a combinação das características de produtos e serviços referentes tanto a marketing, engenharia, fabricação e manutenção, através das quais o produto ou serviço, corresponderão às expectativas do cliente. Crosby: Qualidade (quer dizer) conformidade com as exigências, ou seja, cumprimento dos requisitos.”

Analisando as abordagens propostas sobre qualidade, percebe-se que, embora existam variações conceituais, todas convergem para a ideia de atender ou superar as expectativas dos clientes por meio da padronização, melhoria contínua e conformidade com requisitos. Essas definições ajudam a consolidar uma base teórica importante para a gestão da qualidade, permitindo que organizações estruturem suas práticas com mais clareza e eficácia. A partir dessas abordagens, tem-se as chamadas Ferramentas da Qualidade, desenvolvidas para auxiliar na análise, controle e melhoria dos processos, sendo fundamentais para a implementação de uma gestão orientada para a excelência.

3.2 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade podem ser definidas como técnicas utilizadas para mensurar, definir, analisar e propor soluções para os problemas que interferem no bom desempenho dos processos de trabalho, permitindo maior controle dos processos e melhorias na tomada de decisões. Paladini (2004) as define como dispositivos, procedimentos gráficos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total.

Na década de 60, com o objetivo de auxiliar os estudos dos profissionais da qualidade e aperfeiçoar o controle de qualidade industrial, Kaoro Ishikawa organizou um conjunto de ferramentas de natureza gráfica e estatística, denominando-as de “Sete Ferramentas da Qualidade”, as quais estão apresentadas no Quadro 2. Ishikawa observou que embora nem todos os problemas pudessem ser resolvidos por essas ferramentas, ao menos 95% poderiam ser e, que qualquer trabalhador fabril poderia efetivamente utilizá-las (MARTINS JR., 2002).

Quadro 2: Sete Ferramentas da Qualidade

Ferramentas de Qualidade	Definições
Fluxograma	Representação de um processo que utiliza símbolos gráficos para descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo, apresentando uma excelente visão de todas as etapas que o compõem. O objetivo é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado (BRASSARD, 2004).
Diagrama de Ishikawa	Consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). Sua composição leva em consideração que as causas dos problemas podem ser classificadas em 6 tipos diferentes de causas principais que afetam os processos: Métodos, Máquinas, Medida, Meio Ambiente, Mão-de-Obra e Materiais (CONTADOR, 1998).
Folha de Verificação	Formulário que facilita a coleta de dados sobre um determinado fenômeno. Esta ferramenta é comumente elaborada com fundamentação nos objetivos da coleta de dados (WERKEMA, 2013).
Gráfico de Pareto	Gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Sua maior utilidade é permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre eles (MARTINS JR, 2002).
Histograma	Diagrama de barras que permite verificar a forma de distribuição, a média e a dispersão dos dados (MIGUEL, 2001).
Diagrama de Dispersão	Gráfico utilizado para investigar a possível correlação entre duas variáveis, uma de entrada e outra de saída, onde se os pontos estiverem próximos entre si, pode-se concluir a existência de correlação (CONTADOR, 1998).
Cartas de Controle	Utilizada para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo (WERKEMA, 2013).

Fonte: Autores (2025)

Essas ferramentas constituem uma base essencial para a prática da gestão da qualidade, proporcionando meios eficazes para identificar, analisar e solucionar problemas nos processos produtivos. Ao facilitar o entendimento dos processos e a visualização das causas dos problemas, elas permitem a tomada de decisões mais assertivas e a implementação de melhorias contínuas.

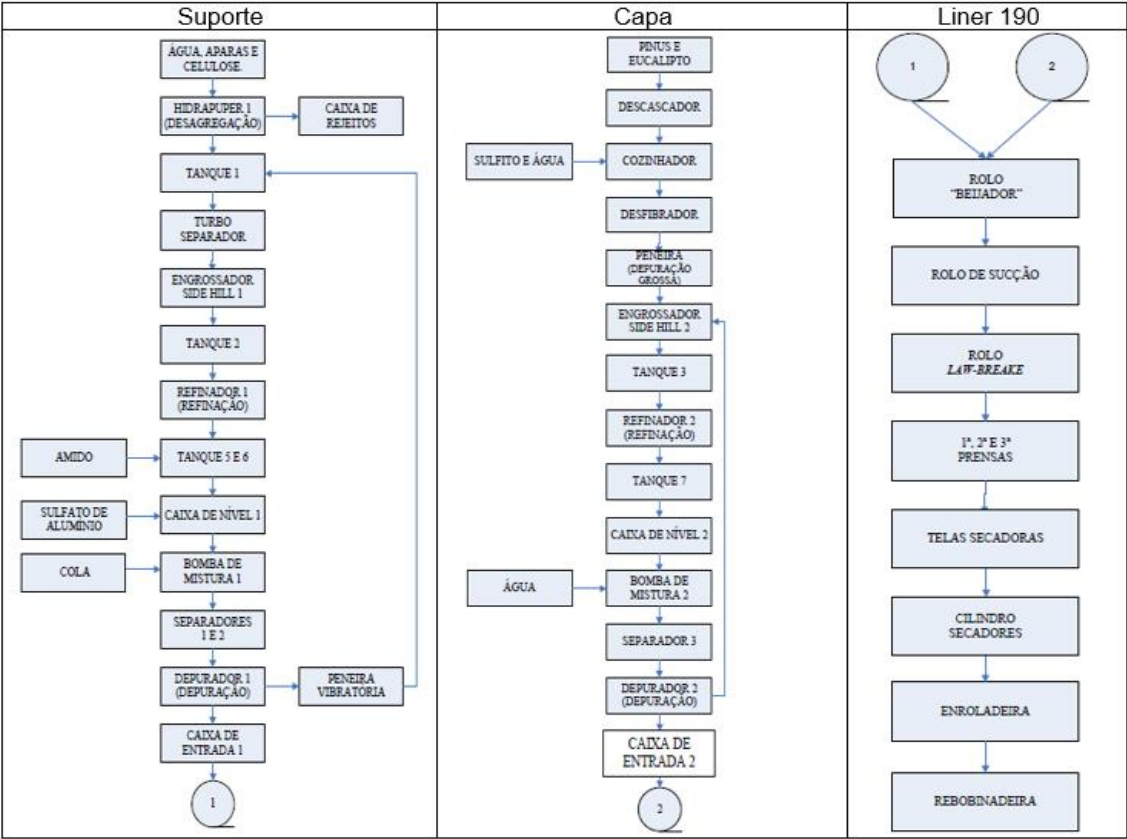
4. Resultados e Discussão

4.1 Descrição do processo produtivo do Papel Liner 190 g

O papel Liner-190 gramas, como o próprio nome evidencia, apresenta uma gramatura de 190 gramas por metro quadrado, sendo constituído de duas partes: capa, com aproximadamente 40 g/m²; e suporte, com cerca de 150 g/m². Para descrever o processo produtivo deste papel, foi elaborado um Fluxograma (Figura 1). A utilização desta

ferramenta da qualidade permitiu compreender o fluxo de produção e suas variáveis, facilitando o entendimento do processo como um todo.

Figura 1: Fluxograma do Processo Produtivo do Papel Liner 190

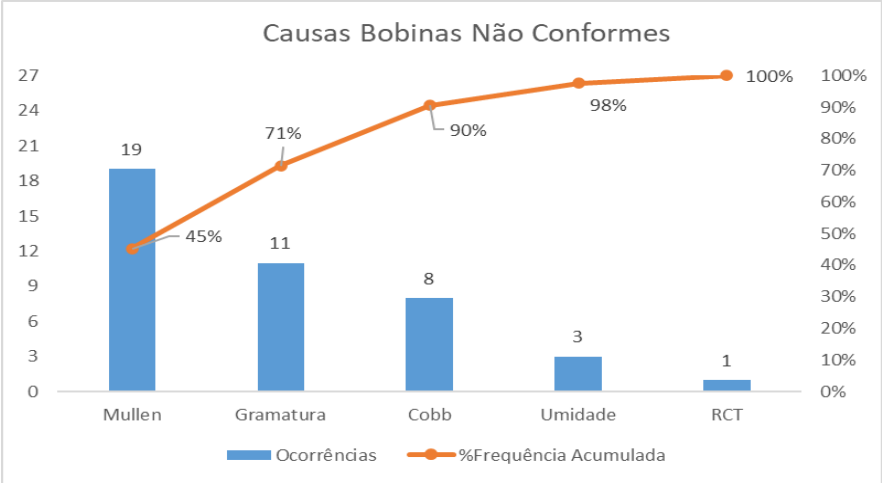


Fonte: Autores (2025)

4.2. Priorização do teste físico a ser monitorado

Com base nos registros de bobinas não conformes dos últimos seis meses, foi elaborado um Gráfico de Pareto (Figura 2) para identificar qual teste físico apresentava maior incidência de reprovações. Essa análise permitiu priorizar o teste mais relevante para o monitoramento, permitindo atuar na principal causa de bobinas reprovadas durante o processo produtivo.

Figura 2: Gráfico de Pareto – Causas de Bobinas Não-Conformes



Fonte: Autores (2025)

Conforme observado no Gráfico de Pareto, o maior número de bobinas não conformes foi resultante do teste físico de qualidade *Mullen* (Resistência ao Arrebitamento) estar fora dos requisitos. Dessa forma, esse teste físico foi selecionado para o monitoramento com a utilização das demais ferramentas da qualidade.

4.3. Levantamento dos dados do teste físico selecionado e análise da variabilidade de seus resultados

Após a definição do teste físico a ser monitorado, foram coletados os dados dos testes de *Mullen* retirados de 20 amostras contendo 5 bobinas cada uma. Esses dados foram organizados em uma Folha de Verificação (Figura 3), onde já foram inseridas colunas para o registro dos valores calculados para a média ($\bar{X}$) e Amplitude (R) necessários para a construção da Carta de Controle X-barra.

Figura 3: Folha de Verificação contendo os dados do Teste de *Mullen*

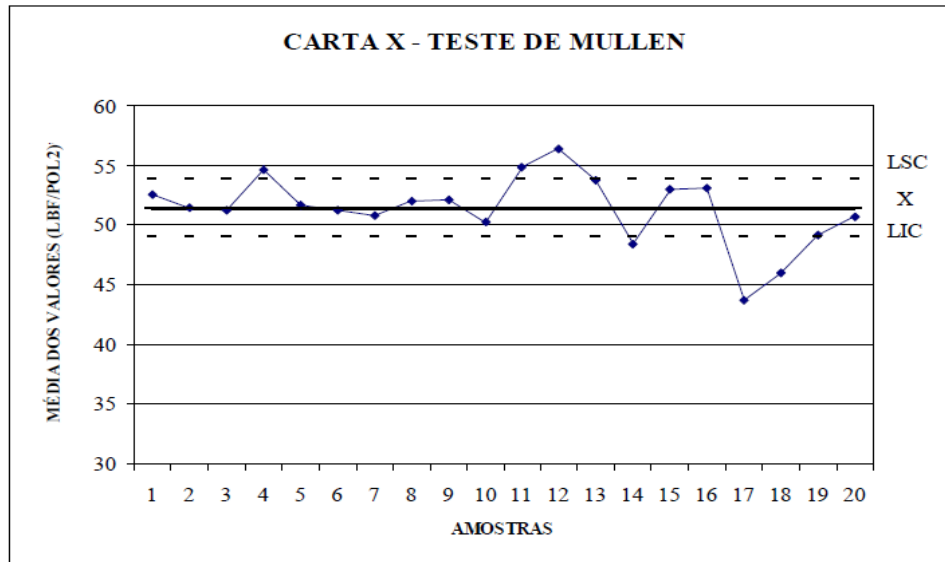
Amostra m	Data	Turma	Valores dos Testes das Amostras (lbf/pol2)					Média	Amplitude
			X1	X2	X3	X4	X5	$\bar{X}$	R
1	13/07	B	51	50,3	52,3	51	58	52,52	7,70
2	24/07	C	54,2	52	48,6	51,9	50,7	51,48	5,60
3	25/07	B	51,3	50	53	50,4	51,4	51,22	3,00
4	28/07	B	57	54	54	53	55	54,60	4,00
5	01/08	B	51	54,6	54	51	48	51,72	6,60
6	12/08	A	51	52	51	52	50	51,20	2,00
7	13/08	C	51	50	51	50	52	50,80	2,00
8	21/08	B	54	53	51	52	50	52,00	4,00
9	25/08	C	50,7	53	53	52	52,1	52,16	2,30
10	31/08	B	48,8	50	48	54,3	50	50,22	2,00
11	03/09	A	51	51	56	60	56	54,80	9,00
12	04/09	C	57	58	58	56	53	56,40	5,00
13	06/09	C	52	54	52	56	55	53,80	4,00
14	08/09	B	48,5	48	48,2	48,2	48,9	48,36	0,90
15	15/09	D	52	50,2	55	54,8	53,2	53,04	4,80
16	17/09	A	51,5	53	56	52	53	53,10	4,50
17	18/09	B	43	44	45	43	43,3	43,66	2,00
18	22/09	B	50	44	43	45	48	46,00	7,00
19	26/09	C	51	45	50	50	50	49,20	6,00
20	28/09	C	49,5	51	51	51	51	50,70	1,50
Total								1026,98	83,90
Média das Médias $\bar{\bar{X}}$ e Média das Amplitudes $\bar{R}$								51,35	4,20

Fonte: Autores (2025)

Com os dados devidamente coletados e registrados, foi possível realizar os cálculos da média das médias ($\bar{\bar{X}}$) e da amplitude ($\bar{R}$), onde a primeiro, com um valor de 51,35, foi obtido através da divisão entre a soma das médias dos valores (X) e o número de amostras (m) e; o segundo, com um valor de 4,20, foi estimado, semelhantemente, pela divisão entre a soma das amplitudes (R) e o número de amostra (m). Logo em seguida, foram calculados os limites superiores e inferiores de controle utilizando as fórmulas da Tabela 1 e o fator $A_2=0,577$ da Tabela 2, obtendo os seguintes valores: LIC =48,93; LSC =53,77.

Após a realização dos cálculos da foi construída a Carta de Controle X - barra, conforme representado na Figura 4, que ilustra as variações da média dos valores do teste de *Mullen* do papel Liner-190. O gráfico possui uma linha central que representa a média do processo e duas linhas aos extremos que refletem os limites superiores e inferiores de controle.

Figura 4: Carta $\bar{X}$ para o teste de *Mullen*



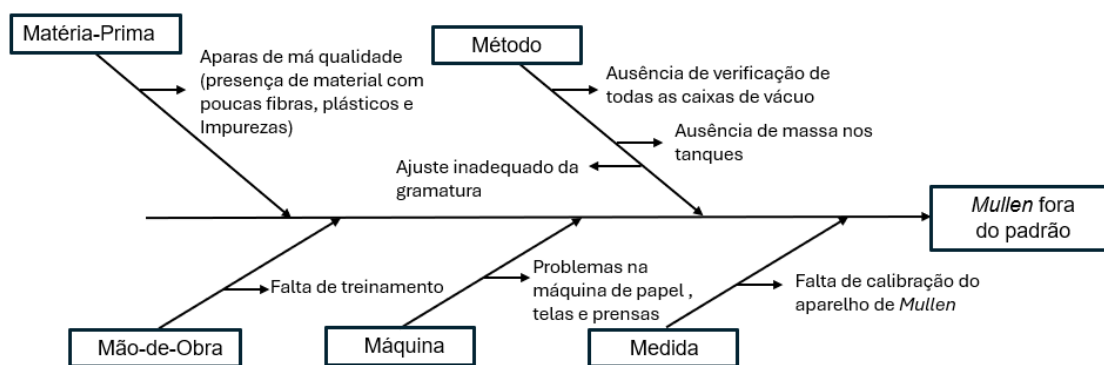
Fonte: Autores (2025)

Analisando a Carta de Controle $\bar{X}$ (Figura 5), verifica-se que ela apresenta seis médias amostrais fora da especificação, sendo três delas, amostras 4, 11 e 12 acima do limite superior LSC, que é de 53,77 e, as outras três, amostras 14, 17 e 18 abaixo do limite inferior LIC, o qual é 48,93. Todavia, em relação à especificação técnica do teste de *Mullen* estabelecida pela empresa, que é igual ou maior a 50 lbf/pol², nota-se que há cinco pontos fora do padrão, o que evidencia que o processo não está sob controle e que precisa ser corrigido rapidamente, mediante análise das causas de variações.

4.4 Identificação das causas da variabilidade nos resultados do teste físico

Para identificar as causas de variações dos resultados do teste de *Mullen*, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa (Figura 5). Essa ferramenta da qualidade auxiliou na organização e análise das possíveis causas relacionadas a mão-de-obra, materiais, método, máquina e medida.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2025)

4.5 Sugestão de Melhoria

Considerando os resultados obtidos, foi sugerido a elaboração de um *Checklist* (Figura 6) para o teste de qualidade *Mullen*, o qual traz o levantamento das principais variáveis que influenciam os resultados dos testes. O objetivo do *checklist* é que os responsáveis diretos pela fabricação do papel (Condutores de máquina e Preparadores de Massa), ao identificar os valores fora do padrão desejado, possam verificar cada item descrito no documento, identificar a real causa e atuar de maneira assertiva.

Figura 6: *Checklist*

CHECK-LIST: TESTES DE QUALIDADE	
DATA: ____/____/____ EQUIPE: _____ CONDUTOR: _____ PEDIDO: _____ N° BOBINA: _____	
MULLEN FORA DO PADRÃO ☐ Ajustar gramatura; ☐ Verificar o grau de moagem e, se necessário, ajustar o refinador; ☐ verificar todas as caixas de vácuo, observando atentamente se não há presença de ar; ☐ Verificar matéria-prima (aparas); ☐ Verificar se os tanques 5 e 6 estão cheios; ☐ Verificar a pressão de “esticamento” da tela formadora.	
OBSERVAÇÃO:	

Fonte: Autores (2025)

5. Conclusões

O estudo de caso desenvolvido evidenciou de forma clara a importância da aplicação estruturada das ferramentas da qualidade no monitoramento do teste físico de resistência ao arrebentamento (*Mullen*) do papel Liner 190 gramas. A utilização do Fluxograma, Gráfico de Pareto, Folha de Verificação, Carta de Controle e Diagrama de Ishikawa permitiu uma análise sistemática do processo produtivo, possibilitando a identificação de desvios, a priorização de problemas críticos e a definição de ações corretivas fundamentadas em dados reais.

Os resultados após a aplicação da Carta de Controle X-barra demonstraram que o processo estava fora dos limites estatísticos de controle, com variações que comprometem a conformidade do produto. A investigação das causas, por meio do Diagrama de Ishikawa, apontou fatores operacionais, técnicos e de matéria-prima que exigem atenção e ajustes. A elaboração de um *checklist* operacional direcionado ao teste de *Mullen* surgiu como uma proposta prática de padronização e resposta rápida, reforçando a cultura da qualidade e a tomada de decisões assertivas no chão de fábrica.

Conclui-se que o uso integrado das ferramentas da qualidade é essencial para promover a melhoria contínua, aumentar a confiabilidade dos processos e assegurar a satisfação dos clientes. Este estudo, ao apresentar uma aplicação concreta e bem-sucedida, pode servir como modelo para outras empresas do setor papelero e industrial que buscam otimizar seus controles e elevar seus padrões de qualidade por meio da gestão baseada em evidências.

Referências

BRAGA, B. H. C.; ALMEIDA, M. M. Y. Ferramentas da gestão da qualidade e sua importância para o desenvolvimento das Organizações. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 18, n. 2, p. 600 - 612, 2021.

BRASSARD, M. **Qualidade: ferramentas para uma melhoria contínua**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2004.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS JR., V. A. **Ferramentas da qualidade**. Móbile Chão de fábrica, Curitiba, 2002.

MIGUEL, Paulo Augusto C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber Editora, 2001.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2004.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel. et.al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e Suas Ferramentas Analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.