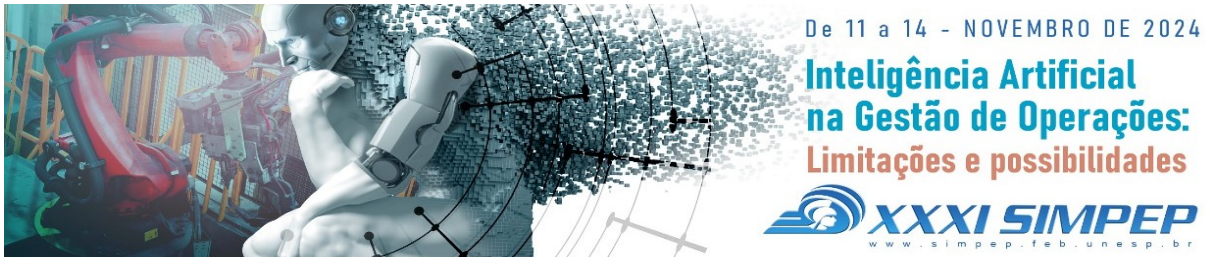


O CICLO PDCA COMO APOIO NA GESTÃO DA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

JOSÉ FELIPE FAVONI – jffavoni@uniara.edu.br
UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA- UNIARA

BRUNA CRISTINE SCARDUELLI PACHECO - bcspacheco@uniara.edu.br
UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA- UNIARA

JOSÉ LUIS GARCIA HERMOSILLA - jlghermosilla@hotmail.com
UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA- UNIARA

ETHEL CRISTINA CHIARI DA SILVA - eccsilva@uniara.edu.br
UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA- UNIARA

MARCELO SEIDO NAGANO - drnagano@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- USP

ÁREA: *4. ENGENHARIA DA QUALIDADE*
SUBÁREA: *4.4 ORGANIZAÇÃO METROLÓGICA DA QUALIDADE*

RESUMO: *A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA PETS TEM CRESCIDO RAPIDAMENTE, LEVANDO AS EMPRESAS DO SETOR A INTENSIFICAREM SUAS PRÁTICAS DE GESTÃO PARA PRODUZIR PRODUTOS DE MAIOR QUALIDADE, VARIEDADE E SUSTENTABILIDADE. NESSE CENÁRIO, A GESTÃO DE ATIVOS TORNA-SE ESSENCIAL PARA ASSEGURAR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL E MAXIMIZAR O RETORNO SOBRE OS INVESTIMENTOS. MANUTENÇÃO, CALIBRAÇÃO E ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS SÃO FUNDAMENTAIS PARA GARANTIR DESEMPENHO E CONFIABILIDADE AO LONGO DA VIDA ÚTIL DOS ATIVOS. ESTE ESTUDO TEM COMO OBJETIVO IMPLEMENTAR O CICLO PDCA PARA ESTABELECER UM PLANO DE GESTÃO DE ATIVOS VOLTADO PARA A CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO. TRATA-SE DE UMA PESQUISA APLICADA, COM OBJETIVOS DESCRITIVOS E UMA ABORDAGEM QUALITATIVA, REALIZADA POR MEIO DE UM ESTUDO DE CASO. A ADOÇÃO DE UM SOFTWARE TROUXE GRANDES BENEFÍCIOS, POSSIBILITANDO A CRIAÇÃO DE UM PLANO DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS MAIS EFICIENTE, RÁPIDO E ROBUSTO. COM BASE NO CICLO PDCA, ESSA MELHORIA TORNOU A PRODUÇÃO NA EMPRESA DE ALIMENTOS PARA PETS MAIS CONFIÁVEL, FACILITANDO O RASTREAMENTO E A IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS, ALÉM DE APRESENTAR DE FORMA CLARA OS DADOS DAS MEDIÇÕES QUE OS INSTRUMENTOS DEVEM REALIZAR. A GESTÃO DE ATIVOS OTIMIZA RECURSOS, REDUZ O TEMPO DE INATIVIDADE E PROLONGA A DURABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS, MELHORANDO OS PROCESSOS E AUMENTANDO A SATISFAÇÃO DO CLIENTE.*

PALAVRAS-CHAVES: *GESTÃO DE ATIVOS; METROLOGIA; CALIBRAÇÃO; PDCA; SOFTWARE.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento do número de animais de estimação no Brasil alavancou a chamada Indústria *Pet* (animais de estimação), composta pela fabricação de acessórios (*Pet care*), medicamentos (*Pet vet*) e comida (*Pet food*), e movimentou 41,96 bilhões de Reais em 2022. A indústria *Pet Food* especificamente cresceu 18,3% em 2022 no Brasil, e representa 80% do valor total movimentado em 2022 de acordo com relatório publicado em 2023 pela Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação – Abinpet.

Diante do aquecimento do mercado nacional as indústrias pertencentes ao segmento *Pet Food* encontram-se em crescimento e busca por diferenciação. Sendo assim, o processo de gestão nas mais diversas áreas destas indústrias são objeto de estudo e busca por melhoria. A gestão de ativos é uma destas áreas que combina habilidades técnicas e gerenciais, tendo uma influência global devido à sua origem histórica e aplicação significativa na gestão de infraestruturas. Seu objetivo é criar ferramentas para abordar de maneira eficaz questões fundamentais no âmbito organizacional de uma empresa (COUTINHO, 2017).

Os equipamentos utilizados no processo de fabricação do segmento *Pet Food* que necessitam de calibração, tais como balanças, termômetros, espectrofotômetros possuem espaço de destaque na gestão de ativos. A calibração é essencial para garantir a confiabilidade metrológica contínua dos sistemas de medição, sendo essa sua principal motivação (GADELRAB; ABOUHOGAIL, 2021). As calibrações têm o propósito de verificar se os sistemas de medição em operação são capazes de fornecer resultados de medições confiáveis. Isso é fundamental para decisões seguras e para manter a qualidade de produtos e processos (GONÇALVES JUNIOR; SOUSA, 2008). Portanto, se os equipamentos de medição não estiverem corretamente calibrados, há o risco de fornecerem resultados imprecisos ou não confiáveis, assim, comprometendo a qualidade de produtos, processos ou serviços.

Considerando a necessidade de gerenciar esses equipamentos, adotou-se no estudo o PDCA, uma ferramenta amplamente reconhecida na busca por aprimoramento contínuo. Este método de aprimoramento e controle no gerenciamento da cadeia de suprimentos ou nos hábitos corporativos fundamenta-se na iteração de quatro passos distintos, com um propósito específico de monitorar e corrigir eventuais gargalos que possam surgir (ISNIAH; PURBA; DEBORA, 2020). O ciclo PDCA possibilita que uma organização assegure que seus processos sejam devidamente gerenciados e contem com os recursos adequados, além de

identificar e agir sobre oportunidades de aprimoramento (HABIBIE; KRESIANE, 2019).

Espera-se poder responder com a presente pesquisa: como a aplicação do PDCA pode colaborar para o processo de gestão de ativos no que se refere à calibração de equipamentos em uma empresa *Pet food*? Dessa forma, o objetivo da pesquisa é implementar o ciclo PDCA para estabelecer um plano de gestão de ativos para calibração dos equipamentos de medição. Almeja-se construir tal planejamento para controlar o processo de calibração, já que a empresa não possui um modelo efetivo que atenda aos mais de 400 itens utilizados ao longo do processo.

Assim, o presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada, com objetivos descritivos, empregando abordagem qualitativa, por meio de um estudo de caso. Após esta introdução, o trabalho foi estruturado em outras 5 seções. A segunda seção mostra o desenvolvimento do referencial teórico contendo gestão de ativos, calibração, PDCA e estudos correlatos. A seguir, está descrita a metodologia, características e procedimentos operacionais. Na quarta seção foram apresentadas a análise de dados e resultados, para na quinta e última seção elencar as considerações finais e conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO

2.1 Gestão de ativos

Para a NBR ISO 55000:2014, um sistema de gestão de ativos estabelece políticas e objetivos para a gestão de ativos (GA). Ele consiste em elementos inter-relacionados e ferramentas que auxiliam na administração eficiente dos ativos definidos no escopo, visando otimizar seu desempenho ao longo do tempo. Um ativo, no contexto empresarial, denota qualquer entidade ou recurso detido por uma organização, ostentando valor substancial ou latente. A magnitude desse valor oscila consideravelmente entre diversas entidades organizacionais e suas respectivas partes interessadas, compreendendo assim dimensões tangíveis e intangíveis, além de abranger aspectos tanto financeiro quanto não financeiro de uma empresa (COUTINHO, 2017).

Conforme mencionado por Kardec (2014), a gestão de ativos (GA) inicialmente centrava-se no aspecto financeiro de atividades aplicáveis em diversas áreas das empresas. Isso possibilita uma estruturação adequada para gerenciar os ativos físicos, resultando em retornos mais significativos para a companhia. Portanto, a gestão de ativos é um componente vital da estratégia organizacional, proporcionando vantagens competitivas e sustentabilidade a longo prazo. Ao compreender os princípios fundamentais e adotar práticas inovadoras, as

organizações podem otimizar seu portfólio de ativos e alcançar uma gestão eficiente e orientada para o futuro.

Portanto, é imperativo conceber a gestão de ativos não como uma ação isolada ou restrita a um departamento específico, mas sim como um sistema integrado, dada a interconexão de decisões que ecoam por toda a estrutura organizacional (PAIS, 2019). Ao longo do tempo, é perceptível uma transição terminológica na qual a frase "gestão de ativos" passa a denotar uma maior ênfase na dimensão gerencial, em contraste com uma abordagem exclusivamente focada nos ativos em si.

A gestão de ativos é crucial para garantir eficiência operacional e maximizar retornos sobre investimentos em equipamentos e instalações. Manutenção, calibração e estratégias preventivas são fundamentais para garantir desempenho e confiabilidade ao longo do ciclo de vida dos ativos. Integrar esses aspectos na gestão de ativos permite otimizar recursos, reduzir o tempo de inatividade e prolongar a vida útil dos ativos, melhorando os processos e a satisfação do cliente.

2.1.1 **Manutenção e calibração de equipamentos**

A calibração dos equipamentos de medição é um tópico frequentemente discutido nas indústrias, normas e na metrologia brasileira. A norma ISO 9001, em seu item 7.6, trata dos requisitos para o controle de equipamentos de medição e monitoramento. Segundo Flôres (2019), a calibração é essencial em todos os esforços de garantia de qualidade e deve ser realizada por laboratórios qualificados.

Essa norma foca na comprovação metrológica dos equipamentos de medição, incluindo requisitos como ajuste de calibração, verificação, a própria calibração, rastreabilidade, manuseio, identificação e manutenção (BECKERT; AUGUSTO; ANDRADE, 2015). De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia (2012), a calibração verifica as boas aferições e condições de uso dos equipamentos, consistindo na busca do erro e da incerteza do equipamento em vários pontos dentro da faixa de uso.

Os laboratórios acreditados que realizam a calibração emitem Certificados de Calibração ou Relatórios de Verificação, que podem ser rastreados até um padrão internacional. A rastreabilidade metrológica é disseminada na indústria por meio de laboratórios de calibração credenciados e institutos nacionais de metrologia (NMI), assegurando a confiabilidade das medições em escala global (BECKERT; AUGUSTO; ANDRADE, 2015). Segundo a NBR ISO 17025:2017, os laboratórios são responsáveis por

instaurar e preservar a rastreabilidade metrológica de seus resultados de medição, garantindo uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações.

A manutenção visa otimizar continuamente a disponibilidade dos equipamentos, mantendo-os em suas condições originais ou, no mínimo, em condições adequadas para a operação (BALDISSARELLI; FABRO, 2019). Portanto, a manutenção de equipamentos de medição é crucial para assegurar a precisão e confiabilidade das medições em diversos setores. A calibração e manutenção de equipamentos de medição são essenciais para garantir precisão e confiabilidade. Integrar um *software* de gestão facilita o agendamento, rastreamento de históricos e conformidade com regulamentações, além de permitir uma análise eficiente dos dados para identificar tendências e padrões de desempenho, facilitando decisões informadas para manter a integridade e precisão das medições ao longo do tempo.

2.1.2 Uso de *softwares* como apoio ao processo de gestão de ativos

O incremento constante na adoção de tecnologias e internet no contexto industrial deu origem à emergência da quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0. A disseminação desse termo adquiriu notoriedade significativa após a divulgação, em 2013, de um conjunto estratégico de iniciativas destinadas a orientar e promover a implementação de práticas inovadoras nas indústrias e instituições. O propósito subjacente a essas ações consiste em propagar efetivamente o conhecimento e os avanços associados à Indústria 4.0 por todo o país (CARVALHO; MOREIRA; BECKERT, 2020).

Dessa maneira, com a ascensão da tecnologia possibilitou-se a criação da visão computacional, inteligência artificial e até *softwares* relacionados a qualquer tipo de atividade ou processo. Além disso, identificou -se a viabilidade de integrar as ferramentas da Indústria 4.0 aos métodos convencionais da metrologia, propiciando, assim, a atualização e aprimoramento dos procedimentos e criando um termo no âmbito empresarial, Metrologia 4.0 (CARVALHO; MOREIRA; BECKERT, 2020).

Em questão, a grande ferramenta que auxilia todo esse processo de planos de calibração, organização de equipamentos, cálculos das incertezas de medição e critérios de aceitação são as famosas planilhas eletrônicas. Porém, devido a obrigação de melhorar a gestão de ativos e ganhar tempo nas análises dos certificados, essas planilhas tornam-se gargalos no processo de análises das empresas sobre os certificados emitidos pelos laboratórios. Ademais, a utilização de inúmeras planilhas ao mesmo tempo, traz malefícios para a garantia de qualidade sobre os equipamentos que são calibrados. Portanto, no cenário

da tecnologia, a utilização de *softwares* para esse tipo de processo fica evidente, assim ajudando as empresas a organizarem toda a parte de calibração, trazendo agilidade e confiança nas análises dos certificados. (NUNES; DE PAULA, 2017).

2.2 PDCA

Willian Edwards Deming, estatístico e consultor dos Estados Unidos, desenvolveu na década de 50 um método amplamente reconhecido para implementar sistemas de gestão visando melhorias. Chamado de PDCA (*Plan, Do, Check e Act)*, esse método é empregado principalmente para impulsionar aperfeiçoamentos em diversos processos, assegurando a sustentação de resultados (QUINQUIOLO, 2002). Segundo Moura (1997, p.90) o PDCA é "uma ferramenta que orienta a sequência de atividades para se gerenciar uma tarefa, processo, empresa, etc.". O autor afirma que o ciclo PDCA se baseia nos princípios da administração, amplamente difundidos e examinados, facilitando sua compreensão.

Segundo SOBEK e SMALLEY (2010) o ciclo PDCA abrange quatro fases: Planejar, Executar, Verificar e Agir. Na etapa inicial de Planejamento, ocorre a análise aprofundada do problema, compreensão de perspectivas, identificação da causa raiz e elaboração de um plano de ação. Em seguida, na fase de Execução, o plano é implementado com rapidez e cautela. A etapa de Verificação envolve a mensuração dos impactos práticos, comparando resultados com as metas definidas no plano. Por fim, na fase de Agir, o ciclo é concluído; se o resultado for satisfatório, estabelece-se o processo, sistema ou procedimento padrão, mas se insatisfatório, aplicam-se ações corretivas.

Deste modo, o PDCA é descrito como uma abordagem de elevado padrão capaz de promover a conscientização entre os colaboradores, tanto em nível individual quando organizacional. Essa metodologia permite identificar e distinguir o conhecido do desconhecido, assim facilitando a resolução dos problemas atuais e a aprendizagem para evitar recorrências futuras (SOBEK; SMALLEY, 2010).

O Ciclo PDCA é uma metodologia amplamente reconhecida para a melhoria contínua de processos. Quando aplicado ao sistema de gestão de calibração de equipamentos de medição, o PDCA oferece uma estrutura robusta para garantir a eficácia e conformidade desse sistema. Inicialmente, na fase de Planejamento (*Plan*), as metas de calibração são estabelecidas, incluindo a definição de intervalos de calibração, critérios de aceitação e recursos necessários. Em seguida, na fase de Execução (*Do*), as calibrações são executadas conforme o planejado, utilizando procedimentos padronizados e métodos adequados que foram definidos na primeira etapa do ciclo. Na fase de Verificação (*Check*), os resultados

emitidos nos certificados de calibrações são analisados para verificar se os equipamentos estão dentro das especificações e se o sistema de gestão está funcionando conforme o esperado. Por fim, na fase de Ação (*Act*), quaisquer desvios ou oportunidades de melhoria identificados são corrigidos e medidas preventivas são implementadas para evitar recorrências. Ao seguir o ciclo PDCA de forma sistemática, as organizações podem garantir a confiabilidade das medições, a conformidade com normas e regulamentos, e aprimorar continuamente seus processos de calibração de equipamentos de medição.

2.3 Estudos correlatos (emprego de PDCA e uso de *softwares* para gestão de ativos)

Neste subitem, apresentam-se os estudos correlatos sobre o emprego do PDCA e o uso de *softwares* para a gestão de equipamentos de medição, conforme quadro 1.

Quadro 1 - Estudos correlatos

Autor/Ano	Área de aplicação	Objetivo da pesquisa	Principais resultados
Ferreira et al. (1999)	Laboratório de Quimiometria.	O objetivo do trabalho era a utilização das análises multivariadas em química, utilizando o *software* MATLAB para o cálculo de variáveis.	Execução das operações matemáticas do dia a dia com aprimorada agilidade, eficácia e precisão, assim ganhou-se tempo nos cálculos.
Nunes e Paula (2017)	Empresa de calibração de equipamentos de medição.	O objetivo dessa pesquisa era comparar as vantagens e desvantagens entre as planilhas e o *software* utilizado.	Ganho de produtividade em digitação de certificado de calibração entre 10% e 30%.
Moraes (2018)	Empresa multinacional metalmecânica.	Identificação da causa raiz do problema existente utilizando o PDCA.	Redução do tempo de calibração e aumento da frequência de calibração dos equipamentos.
Kholif et al. (2018)	Laboratórios de lacticínios.	Usar o PDCA para discernir a redução de perdas, diminuição dos erros, defeitos e desperdícios.	Teve como resultado um fluxo de trabalho (atendimento ao público) mais simples e eficaz.
Moreira et al. (2021)	Processos da Engenharia Mecânica	Usar o ciclo PDCA para descobrir problemas, assim, visando identificar planos de ação para efetuar as devidas correções.	O resultado foi de agilidade e multifuncionalidade nos processos da Engenharia Mecânica.

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Ferreira et al. (1999), o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de ferramentas digitais aprimoraram a execução das operações matemáticas do dia a dia em termos de agilidade, eficácia e precisão. Isso impacta positivamente diversas áreas, desde finanças pessoais até projetos complexos de engenharia, economizando tempo e permitindo que as pessoas se concentrem em outras atividades importantes.

Nunes e Paula (2017) destacam que o ganho de produtividade na digitação de certificados de calibração entre 10% e 30% é significativo para organizações que lidam com essa documentação. Com tecnologias avançadas ou *softwares* especializados, a entrada de dados torna-se mais ágil e precisa, reduzindo o tempo necessário para essas tarefas e representando uma vantagem competitiva importante.

Moraes (2018) afirma que a redução do tempo de calibração e o aumento da frequência de calibração dos equipamentos de medição são fundamentais para garantir a precisão e confiabilidade das medições. Empresas podem otimizar cronogramas de manutenção e minimizar o tempo de inatividade, detectando desvios de precisão mais rapidamente e mantendo os equipamentos dentro dos padrões exigidos.

Kholif et al. ressaltam que o uso do PDCA é uma estratégia essencial para empresas que buscam aprimorar processos e reduzir desperdícios. Implementando esse método, organizações podem identificar áreas de melhoria, estabelecer planos de ação para diminuir erros e defeitos, e agilizar o fluxo de trabalho.

Moreira et al. (2021) mostram que a implementação do PDCA nos processos da Engenharia Mecânica otimiza práticas e introduz novas ferramentas e métodos, melhorando significativamente a velocidade das tarefas e a capacidade de realizar uma variedade de atividades. Portanto, esses avanços não apenas aumentam a eficiência operacional, mas também permitem uma resposta mais ágil às demandas do mercado e uma adaptação mais eficaz às mudanças nas necessidades dos projetos. Em última análise, a combinação de agilidade e multifuncionalidade impulsiona a inovação e a excelência em todos os aspectos dos processos.

3. METODOLOGIA

3.1 Características metodológicas

De acordo com Turrioni e Mello (2012), este estudo é caracterizado como uma pesquisa aplicada, com objetivos descritivos e abordagem qualitativa, utilizando um estudo de caso. Segundo Miguel et al. (2012), a abordagem qualitativa busca obter informações detalhadas e interpretar o contexto do problema, focando nos processos e explicando como os

eventos conduzem aos resultados observados, proporcionando uma compreensão profunda dos fenômenos. As pesquisas descritivas, por outro lado, visam descrever as características de uma população ou fenômeno específico e estabelecer relações entre variáveis, priorizando a compreensão detalhada e precisa dos padrões observados.

Por fim, conforme Yin (2010), o estudo de caso envolve a investigação prática de um fenômeno específico e complexo no contexto da vida real, explorando situações contemporâneas sem fronteiras claramente definidas, permitindo uma análise aprofundada dos eventos estudados.

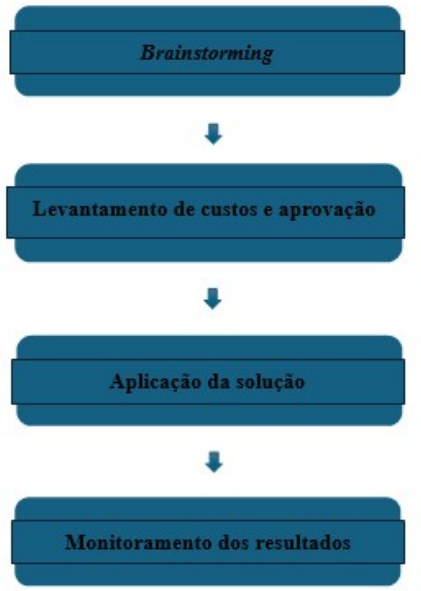
3.2 Procedimentos operacionais

A primeira fase deste estudo consistiu em uma sessão de *brainstorming* entre as equipes de Controle de Qualidade e Tecnologia de Automação (T.A.) para abordar por meio do ciclo PDCA, a causa raiz do problema, assim identificando a falta de confiabilidade do plano de calibração existente. Durante essa fase, na etapa P do PDCA foram discutidas sugestões de implementação de *softwares* para solucionar essa questão. Na sequência, realizaram-se pesquisas de mercado e consultas a um membro da equipe de T.A. com experiência prévia no uso do sistema.

Na segunda fase, as equipes decidiram pela aquisição e implementação do sistema, devido à sua capacidade de atender às necessidades da empresa em termos de gestão de calibração, além do suporte fornecido pela empresa responsável pelo *software*. Em seguida, na terceira fase, por meio da etapa D do PDCA foi elaborado um procedimento operacional para introduzir o *software*, seguido de treinamento ministrado pela empresa detentora dos direitos do sistema, para auxiliar a empresa de *Pet Food* na implementação do programa.

Por fim, todos os certificados físicos obtidos pela empresa foram inseridos no programa, resultando em uma base de dados robusta, um plano de calibração confiável e a otimização de todo o processo de calibração da empresa com a ajuda do ciclo PDCA. A figura 1, mostra como foram definidas as etapas de execução da solução para o problema encontrado.

FIGURA 1 - Mapa de Etapas



Fonte: Elaborado pelo autor

4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Na estrutura operacional da empresa de *Pet Food*, cerca de quatrocentos equipamentos de medição estão distribuídos entre os diversos setores de produção e laboratórios. Cada um desses dispositivos é devidamente identificado por meio de uma nomenclatura única, composta pelas iniciais do tipo de equipamento (por exemplo, "BL" para balanças) seguidas de um código numérico de três dígitos, que indica o setor específico onde o equipamento está alocado (por exemplo, "201"). Essas identificações são de importância crucial, pois são fundamentais para todo o processo de rastreamento e monitoramento dos equipamentos.

Além disso, cada equipamento é provido de uma etiqueta de controle, fornecida pelo laboratório terceirizado responsável pela calibração ou manutenção. Essa etiqueta contém informações vitais, como a identificação única do equipamento (*TAG*), a data em que foi realizada a última calibração, a data de vencimento da próxima calibração e o número de certificação correspondente ao equipamento.

Para gerenciar eficazmente o extenso conjunto de equipamentos, a empresa recorria a planilhas simplificadas de Word, nas quais o plano de calibração era segmentado por setor e incluía detalhes como nome do equipamento, *TAG* de identificação, faixa de uso, capacidade máxima, critérios de aceitação e a data prevista para a próxima calibração.

No entanto, a ausência de um sistema centralizado tornava desafiador o registro de observações sobre equipamentos obsoletos ou aqueles necessitando de manutenção, impedindo uma abordagem proativa para resolver possíveis problemas. Essa lacuna na

documentação comprometia a eficiência operacional e a capacidade da empresa de realizar manutenções preventivas e corretivas de forma oportuna. Assim, uma vez emitidos os certificados e analisados pela pessoa designada, eram arquivados em pastas físicas separadas por setor, o que resultava em ocupação excessiva de espaço e aumentava o risco de perda destes.

De acordo com a primeira fase e segunda fase descritas nos procedimentos operacionais, o processo inicial para abordar o desafio identificado implicou uma colaboração com a equipe de Tecnologia de Automação (T.A.), ou seja, foi realizado um *brainstorming*, assim resultando na concepção do *software* de gestão de calibração. Este esforço demandou, primeiramente, a aplicação do método PDCA para conduzir um levantamento de dados robusto e confiável sobre os equipamentos em operação. Este levantamento abarcou informações como faixa de uso, critérios de aceitação, prazos de calibração, e a identificação de eventuais equipamentos não previamente incluídos no plano de calibração.

4.1 Fase P – *Plan* (Planejamento)

Na fase inicial do processo, adotou-se a etapa de Planejamento (*Plan*) para estabelecer os alicerces do plano de calibração. Durante esta etapa, foram delineadas metas de desempenho, garantindo a manutenção das *TAGs* já existentes para evitar conflitos de informação, determinou-se a frequência de calibração necessária conforme os requisitos regulatórios, designou-se o responsável pela integração de dados ao *software* e alocaram-se os recursos adequados para a execução das atividades planejadas.

Bem como, durante a fase de Planejamento, como citado na terceira fase, propôs-se a elaboração de um procedimento específico para a gestão de calibração dentro do *software*, identificando e avaliando os riscos associados à potencial perda da base de dados e implementando medidas preventivas para mitigar o impacto desse risco.

1) Identificação do problema: O estudo focaliza a identificação de possíveis falhas relacionadas à ausência de identificação nos equipamentos, bem como à falta de calibração ou calibração expirada, visando compreender o impacto desses problemas nos processos de medição.

2) Observação: A pesquisa inclui uma análise detalhada da quantidade total de equipamentos, sua localização e posterior segregação, visando a uma compreensão abrangente da extensão do problema e sua distribuição dentro do ambiente de trabalho.

3) Análise da causa raiz: Aprofundando-se na investigação, buscou-se compreender as razões subjacentes à falta de calibração dos equipamentos, explorando se as causas residem na

falta de disponibilidade por parte da produção ou em falhas de procedimentos da área de Qualidade.

4) *Brainstorming*: Propõem-se soluções concretas para abordar as causas identificadas, destacando-se a recomendação do *software* de gestão de calibração, advinda do time de Tecnologia de Automação, bem como a sugestão da equipe de Qualidade de um procedimento operacional para integrar a base de dados ao programa.

5) Plano de ação: O plano de ação delineado visa validar as sugestões de solução por meio da aprovação da gerência, garantindo assim a implementação eficaz das medidas propostas para mitigar os problemas identificados e melhorar os processos de medição no ambiente estudado.

4.2 Fase D – *Do* (Execução)

Nesta etapa do trabalho, para investigar uma amostra do estudo de caso, foi detalhada a execução das ações relacionadas a dois elementos identificados como solução das causas raiz. Essas ações consistem na implementação do *software* e na elaboração de um procedimento operacional específico. Essas medidas foram selecionadas com base em sua relevância para abordar as questões identificadas e visam fornecer *insights* concretos sobre sua eficácia no contexto analisado.

1) Ação proposta: O plano consiste em criar um procedimento detalhado para a utilização do *software*, delineando claramente as responsabilidades de cada setor envolvido. Além disso, será definido qual departamento será encarregado da contratação do laboratório terceirizado para a calibração, da análise e aprovação dos certificados, bem como do controle dos dados no programa.

2) Execução da ação: Após deliberação, foi determinado que um colaborador do departamento de Qualidade fosse designado para executar as tarefas mencionadas anteriormente. Este colaborador foi responsável pela elaboração do procedimento operacional e pela migração da base de dados física, representada pelos certificados impressos, para o sistema.

3) Monitoramento: Após todas as ações citadas, foi definido pelos times que a necessidade um monitoramento ao programa durante seis meses e criar indicadores para avaliar o conjunto aplicado.

4.3 Fase C – *Check* (Verificar)

1) Apuração: Durante esta fase, os departamentos de Tecnologia de Automação e Controle de Qualidade conduziram uma análise abrangente para verificar a conformidade da execução com o plano estabelecido, bem como a verificação do alcance dos resultados esperados. Após a elaboração do procedimento específico, a integração completa dos dados físicos (certificados) no *software* pela parte responsável, e do acompanhamento de seis meses foi realizada uma reunião conjunta entre os mencionados departamentos e a referida parte responsável, na qual esta apresentou uma análise abrangente do trabalho realizado, destacando indicadores de desempenho, tais como a redução do tempo necessário para análise e aprovação dos certificados, aprimoramento da confiabilidade do plano de calibração, maior eficiência nas auditorias e a disponibilização de uma gama de informações cruciais anteriormente não disponíveis em planilhas de Word. Essas informações incluíam detalhes como o local da calibração, observações, descrição completa do equipamento, localização precisa, imagens, centro de custo, status de obsolescência do equipamento, entre outros.

4.4 Fase A – *Act* (Agir)

1) Padronização: Após a demonstração dos resultados obtidos citados, foi definido a padronização do *software* como o novo modelo de gestão de equipamentos de medição na empresa *Pet Food*.

Portanto, é evidente que a implementação do *software* resultou em benefícios significativos, permitindo a priorização de um plano de calibração de instrumentos mais eficaz, rápido e robusto. Este processo de melhoria, fundamentado no ciclo PDCA, contribuiu para tornar o processo de produção na empresa *Pet Food* mais confiável, ao possibilitar o rastreamento e identificação de falhas, além de apresentar de forma clara os dados relacionados às medições a serem realizadas pelos instrumentos de medição.

Os resultados deste estudo confirmam a correlação com pesquisas anteriores. Por exemplo, Nunes e Paula (2017) demonstraram que o uso de um *software* de gestão de calibração, em vez de planilhas eletrônicas, reduz o tempo de digitação em 10% a 30%, dependendo do tipo de calibração. Este estudo também mostra ganhos significativos na análise, aprovação e digitação de certificados inseridos no sistema.

Além disso, Moreira et al. (2021) destacam a eficácia do ciclo PDCA para resolver problemas em diversas organizações, aumentando a robustez e agilidade dos processos. Comparando com esta pesquisa, o PDCA foi crucial na identificação e solução de problemas, proporcionando uma gestão mais completa e ágil da calibração dos equipamentos.

Esses estudos confirmam os benefícios da implementação do ciclo PDCA e do uso de *softwares* de gestão de calibração. Os resultados mostram a eficácia dessas abordagens na melhoria da eficiência, na confiabilidade dos processos e na otimização das operações.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por reduzir custos, economizar tempo e garantir a confiabilidade dos processos é crucial para que as empresas se mantenham competitivas em seus mercados. Este trabalho teve como propósito aplicar o ciclo PDCA para criar um plano de gestão de calibração de equipamentos que seja tanto confiável quanto robusto, visando a facilitar, agilizar e tornar mais eficiente o controle desse processo.

Após discorrer sobre a evolução da tecnologia nos aspectos industriais para a otimização de processos, este trabalho apresentou um estudo de caso, como o ciclo PDCA e a tecnologia de *softwares* podem auxiliar na gestão da calibração de equipamentos de medição. O estudo de caso confirmou muitos dos fatores investigados e propôs um modelo de aplicação dessa gestão, abrangendo planos de ação, execução, verificação e intervenções para garantir um processo confiável de medição na produção de alimentos para cães e gatos em uma empresa de *Pet Food*.

Com a utilização do ciclo PDCA e a introdução do *software*, foi possível observar que o método proposto e o investimento realizado trouxeram significativas melhorias na gestão de calibração, como maior confiabilidade no processo, eficiência em auditorias, redução do tempo de análise dos certificados, criação de um banco de dados digital e confiável, e agilidade no inventário dos equipamentos.

É importante ressaltar que a aplicação do método PDCA e a implementação do *software* são viáveis e altamente benéficas, proporcionando inúmeros avanços na gestão de calibração e na confiabilidade do processo de produção de alimentos para cães e gatos.

Apesar dos resultados promissores com a aplicação do ciclo PDCA e a incorporação do sistema, é crucial reconhecer algumas limitações no estudo. A principal é que ele se concentrou apenas nos equipamentos de medição sob a responsabilidade do controle de qualidade. Para uma visão mais completa, seria interessante realizar estudos semelhantes em equipamentos fixos das linhas de produção, como balanças dosadoras, *checkweighers* e sensores de temperatura das máquinas. Além disso, esta pesquisa focou na gestão de calibração de uma única unidade da empresa *Pet Food*. Pesquisas futuras poderiam investigar a outra unidade da empresa, ou ainda incentivar estudos semelhantes.

REFERÊNCIAS

ABINPET. **Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação – BRASIL**. Mercado PET BRASIL 2023. Disponível em: <https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2023/07/abinpet_folder_dados_mercado_2023_draft5.pdf>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

BALDISSARELLI, L.; FABRO, E. **Manutenção Preditiva na indústria 4.0**. Scientia cum industria, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.

BECKERT, S. F.; DE ANDRADE, G. A. M. **Capacidade de Medição e Calibração: uma ferramenta para seleção de serviços de calibração**. Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2005.

VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA. **Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. Caparica, 2012.

CARVALHO, M. S.; MOREIRA, B. G.; BECKERT, S. F. **Desenvolvimento de um software para calibração de trenas utilizando visão computacional**. In: Computer on the Beach, 11, 2020, Florianópolis, Anais..., São José: Computer on the Beach, 2020.

COUTINHO, R. **Gestão de ativos físicos aplicada às infraestruturas**. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, v. 3, n. 4, p. 113-118, 2017.

FERREIRA, M.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. **Quimiometria I: experiência multivariada, um tutorial**. Química Nova, v. 22, pág. 724-731, 1999.

FLÔRES, R. E. **Análise crítica das capacidades de medição e calibração abordadas nos escopos de acreditação e seu impacto na comprovação metrológica industrial**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS JOINVILLE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS MECÂNICAS. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/220049/PPCM0058-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 de outubro de 2023. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

GADELRAB, M. S.; ABOUHOGAIL, R. A. **Rumo a uma nova geração de certificado digital de calibração: Análise e levantamento**. Medição, v. 181, pág. 109611, 2021.

GONÇALVES JUNIOR, A. A.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial** (2 ed.). Barueri, SP: Manole, 2008.

HABIBIE, M. H.; KRESIANI, R. H. **Implementation of PDCA cycle in calibration and testing laboratory based on ISO/IEC 17025:2017**. Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 598, n. 012108, p. 1-8, 2019.

ISNIAH, S.; PURBA, H. H.; DÉBORA, F. **Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues**. Jurnal Sistem dan Manajemen Industri, v. 4, n. 1, p. 72-81, 2020.
g
KARDEC, A.; ESMERALDO, J.; LAFRAIA, J. R. B.; NASCIF, J. A. **Gestão de ativos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

KHOLIF, A. M.; ABOU EL HASSAN, D. S.; KHORSHID, M. A.; ELSHERPIENY, E. A.; OLAFADEHAN, O. A. **Implementation of model for improvement (PDCA-cycle) in dairy laboratories**. Journal of Food Safety, v. 38, n. 3, p. e12451, 2018.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro, 2012.

MORAES, C. D.; SANTOS, C. J.; ALVES, E. M.; COSTA, E.; LEITE, I. L. **Ferramentas da qualidade aplicadas na otimização de um processo de calibração de instrumentos de medição**. Gestão da produção em foco, v. 7, n. 7, p. 63-71, 2018.

MOREIRA, M. D. M. A. C.; AZEVEDO, T. C.; SILVEIRA, S. R.; NORDI, T. M, MOSCONI, D. **Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de Ishikawa, 5W2H, ciclo PDCA, DMAIC e suas interrelações**. In: SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 5, 2021, São Carlos, Anais..., São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2021.

MOURA, L. R. **Qualidade simplesmente total**. Qualitymark Editora Ltda, 1997.

NUNES, B. C.; PAULA, L. C. **Aumentando a produtividade da equipe de calibração trocando planilha eletrônica por software**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, Goiânia, 2017.

PAIS, E.; FARINHA, J. T.; RAPOSO, H. **ISO 55001–Gestão de Activos**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MANUTENÇÃO, 15, 2019, Braga, Anais..., Braga: Electromechatronic Systems Research Centre, 2019.

QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota**. Bookman Editora, 2016.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, [s. n.], 2012. 191 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2010.