Ferramentas da qualidade aplicadas na otimização de um processo de calibração de instrumentos de medição



Carlos Henrique de Moraes[1]; Cleiton Júlio dos Santos[1]; Eduardo Moreira Alves[1]; Edilson da Costa[1]; Iranor Luciano Leite[1]
[1] FACEAR;

RESUMO
O objetivo deste artigo é demonstrar a aplicação da filosofia da melhoria continua (kaizen) e da metodologia de análise e solução de problemas (MASP) no aumento da eficiência de um processo de calibração de instrumentos de medição utilizados em equipamentos subaquáticos de extração de petróleo e gás, fabricados por uma indústria situada na região de Curitiba – Pr. A aplicação da filosofia kaizen e o MASP resultaram num acréscimo na eficiência do processo de calibração dos instrumentos agregados aos equipamentos, bem com a redução do tempo de execução e aumento da qualidade do processo. O mundo dos negócios está passando por uma intensa transformação e é latente a necessidade das empresas se reorganizarem objetivando a redução dos custos de fabricação e consequente aumento da lucratividade. Notórios e evidentes foram os ganhos obtidos com o trabalho desenvolvido, com respectivo retorno em lucratividade para a companhia.

Palavras chave: kaizen, MASP, eficiência de processos.

ABSTRACT
The purpose of this article is to demonstrate the application of the philosophy of continuous improvement (kaizen) and the methodology of analysis and problem solving (MASP) in increasing the efficiency of a measuring instrument calibration process used in underwater equipment for oil extraction and gas, manufactured by an industry located in the region of Curitiba - Pr. The application of kaizen and MASP philosophy resulted in an increase in the efficiency of the calibration process of aggregates instruments to equipment and with reduced lead time and increase quality process. The business world is undergoing an intense transformation and is latent the need for companies to reorganize aiming to reduce manufacturing costs and consequent increase in profitability. Egregious and obvious were the gains from the work, with its return to profitability for the company.

Key Words: kaizen, MASP, process efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está passando por intensas transformações e é indiscutível o fato de que essas tenham afetado profundamente a sociedade, contribuindo significativamente para a evolução mundial. Nos tempos modernos, as organizações tem sido alvo das tão

discutidas mudanças organizacionais, porém vale ressaltar que estas mudanças ocorrem inevitavelmente no cotidiano sob qualquer aspecto, não se restringindo somente ao contexto organizacional, podendo ocorrer no processo produtivo, escritórios ou em qualquer outro ambiente onde utilizem uma melhoria. Num ambiente de economia globalizada a sobrevivência das organizações, e mais, sua lucratividade, dependem da sua habilidade e flexibilidade de eliminar desperdícios, inovar, efetuar melhorias contínuas e a qualidade de seus produtos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE

O termo gestão da qualidade pode ser definido de várias formas, várias definições foram dadas a essa área do conhecimento. Gestão da Qualidade são ações que tem por fim obter características de um produto ou serviço com horizonte para satisfazer as necessidades e expectativas de um cliente ou consumidor, atingindo o que chamamos de qualidade (JUNIOR e BONELLI, 2006). Gestão da Qualidade são atividades coordenadas para direcionar e comandar um tipo de organização com relação à qualidade (CARVALHO e PALADINI, 2005). Logo, as características desejadas pelo cliente, e pela companhia, podem ser obtidas através das ferramentas da qualidade que de uma forma prática auxiliam a melhorar os processos. Assim, na implantação de programas de melhoria contínua, visando um processo bem sucedido de implementação – principalmente nos grupos de kaizen e ciclo PDCA – utiliza-se um conjunto de ferramentas denominadas ferramentas da qualidade. Segundo Vergueiro (2002) as ferramentas da qualidade auxiliam na resolução, bem como na compreensão dos problemas, pois elas disponibilizam um amplo e completo número de causas e efeitos, auxiliando nas tomadas de decisões para eliminação dos problemas. As ferramentas podem apresentar os dados em gráficos, ou em meios/técnicas que evidenciam a análise/solução do problema. Ciclo PDCA, análise dos 5 Porquês, MASP e kaizen, são algumas das ferramentas e metodologias utilizadas na solução de problemas e na melhoria contínua.

O kaizen foi criado no Japão e significa melhoria continua tanto na vida pessoal, como no trabalho (OHNO, 1997). Assim como o próprio nome diz, o kaizen tem como objetivo a melhoria contínua. Martins e Laugeni (2012) citam que nenhum dia deve passar sem alguma melhoria, seja esta na empresa ou com a pessoa envolvida na empresa. A metodologia de trabalho do kaizen funciona da seguinte maneira: resultados em um pequeno espaço de tempo e sem investimentos gigantescos, onde obtém-se cada

dia mais resultados, alicerçados no trabalho e cooperação entre g rupos determinados pela direção da companhia com intuito de alcançar as metas (IMAI, 1994). A metodologia kaizen tem como base o ciclo PDCA, o qual também é a base para o MASP (Metodologia de Análise e Solução de Problemas). O MASP é um método utilizado com o objetivo de solucionar problemas e segundo Arioli (1998) este método acontece de forma sistêmica, no intuito de avaliar, resolver e até mesmo melhorar situações insatisfatórias. De acordo com Seleme e Tadler (2010) o seu desenvolvimento aplicado consiste em oito etapas, divididas e elaboradas dentro do ciclo PDCA– conforme figura 1.

PDCA	FLUXO	ETAPA	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	2	Observação	Investigar as caracteristicas especificas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vistas.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	?	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

FIGURA 1 – MÉTODO E ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS
FONTE: CAMPOS (1999)

O PDCA é um ciclo composto por quatro etapas: Planejar, Executar, Verificar e Agir. A primeira etapa é Planejar, onde acontece o estudo do problema, onde é realizada a análise e a compreensão de todos os pontos de vista, para que se possa detectar a causa raiz e criar ideias para solucionar o problema, criar um plano de ação. Após esta analise entra-se na etapa Executar, onde o plano de ação é implementado de forma rápida, porém com cautela. O passo seguinte é a etapa Verificar, onde devem ser mensurados os impactos da aplicação prática, realizando um comparativo com as metas descritas no plano de ação. O quarto e último passo é a etapa Agir que consiste em finalizar o ciclo: se o resultado foi satisfatório cria-se o processo, sistema, procedimento padrão, caso não seja satisfatório deve-se aplicar as ações corretivas (SOBEK e

SMALLEY, 2010). Os mesmos autores Sobek e Smalley (2010) definem o PDCA como uma metodologia de alto nível, que pode desenvolver a consciência de todos os colaboradores, no âmbito individual e organizacional, possibilitando a detecção e separação do que é conhecido e do que não é conhecido, assim é possível solucionar os problemas do presente e aprender as lições prevenindo futuras recorrências. Já Moraes (2010) fundamenta que sem conhecimentos aprofundados no problema não é possível se obter soluções, ou seja, para realização de forma eficaz deve ser realizada a coleta de dados, analise geral, agrupamento e estratificação das informações, e isso tudo só pode ser feito com o auxílio de ferramentas da qualidade.

O 5 Porquês é uma ferramenta desenvolvida para auxiliar na identificação da causa raiz do problema. Essa metodologia foi desenvolvida no sistema Toyota de Produção, também conhecido como Lean Manufacturing ou ainda Produção Enxuta, na década de 80, na fábrica de automóveis da Toyota. Esse modelo e as constantes revoluções tecnológicas e filosóficas fizeram da Toyota uma líder nesse segmento de mercado. A técnica consiste em perguntar 5 vezes o motivo pelo acontecimento de algum problema (RIGONI, 2010). A aplicação da ferramenta é iniciada quando se identifica um problema e a partir efetua-se a pergunta "por que o problema ocorreu?". Após a resposta a próxima etapa é perguntar "por que esses problemas ocorreram?" e assim sucessivamente. Encontra-se a causa raiz em no máximo 5 perguntas, sendo importante que todas as respostas sejam claras e precisas (STICKDORN E SCHNEIDER, 2014).

2.2. CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS

Conforme o item 2.39 do Vocabulário Internacional de Metrologia – V.I.M (2012) calibração é definida como a comparação de uma operação sob condições especificas entre os valores e incertezas de medição apresentados por um padrão, em relação aos valores e incertezas de medição indicado por um determinado instrumento de medição. Os resultados apresentados no padrão serão as referências em relação as indicações do instrumento de medição e ambos devem estar sob a mesma unidade de medida. Já o item 3.1 do V.I.M (2012) define instrumento de medição como um dispositivo individual ou associado a um ou mais dispositivos e tem a função de realizar medições. Dentre os vários instrumentos de medição, um com inúmeras aplicações é o manômetro. O manômetro é um medidor de pressão indireto, mede a pressão em função da variação de uma propriedade física. É um medidor analógico que trabalha de forma elástica, conforme a pressão é aplicada e de acordo a sua sensibilidade mecânica, um ponteiro movimenta-se e indica no mostrador a variação de pressão como demonstrado na figura 2 (DOQ-CGCRE-017, 2013).

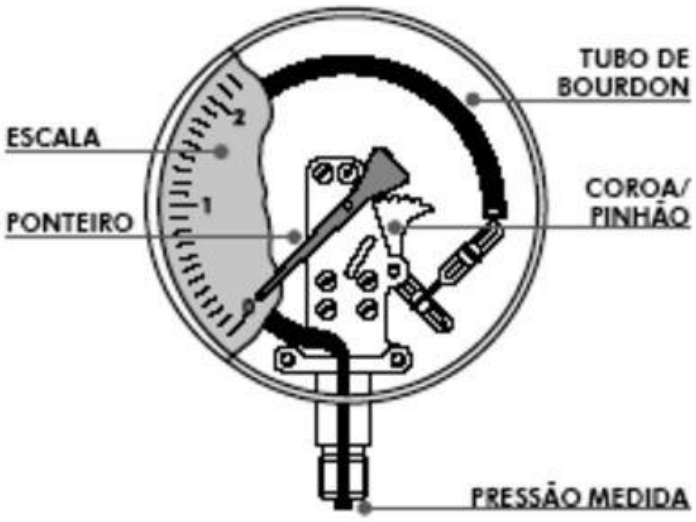

FIGURA 2: MANÔMETRO DE BOURDON TIPO C.
FONTE: GONÇALVES (2003)

3. ESTUDO DE CASO

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional do ramo metal-mecânico, situada no Paraná, atuante no mercado há 20 anos na produção ferramentas de instalação e equipamentos subaquáticos para extração de petróleo e gás. Contudo, devido ao cenário econômico atual, a empresa passa por um processo de implantação de melhoria contínua visando a aumentar a produtividade e reduzir custos. A verificação direta e detalhada no processo de fabricação identificou duas oportunidades imediatas de melhoria no processo de calibração de instrumentos de pressão. A primeira oportunidade é a redução do tempo que se gasta para realizar a calibração de um conjunto de manômetros utilizados para testes de equipamentos subaquáticos para extração de petróleo e gás. A segunda oportunidade de melhoria identificada é a possibilidade de redução do alto custo de calibração destes instrumentos de pressão. Na empresa objeto de estudo, é primordial a calibração dos equipamentos utilizados durante o processo de fabricação, os quais, de alguma forma interferem na qualidade do produto. A oportunidade foi diagnosticada no processo de calibração de manômetros, o qual é realizado por um setor interno da empresa denominado Laboratório de Metrologia, que utiliza uma bancada de calibração para esta atividade. O conjunto em questão possui 30 manômetros que efetuam a leitura da pressão aplicada sobre o equipamento. Para esse processo é necessária a retirada do conjunto de manômetros do equipamento e levá-los um a um ao Laboratório de Metrologia para a calibração. Posteriormente o conjunto de manômetros é remontado no equipamento. Este processo tem duração média de três

turnos de trabalho, ou seja, 24 horas para que o equipamento esteja em condições de uso – conforme ilustrado na figura 3.

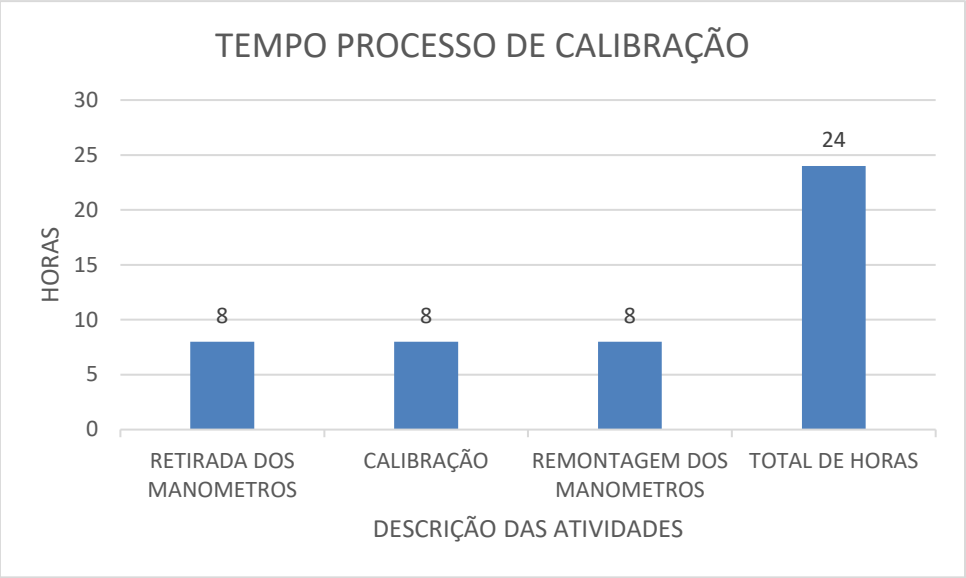

FIGURA 3 – GRÁFICO DE TEMPO UTILIZADO EM CALIBRAÇÃO NO MÉTODO ANTERIOR.

FONTE: OS AUTORES (2016)

Com intuito de reduzir as horas utilizadas para a calibração do equipamento foi iniciado um trabalho de aplicação da filosofia kaizen. Primeiramente realizou-se um brainstorming com o grupo multifuncional atuante no processo de calibração. Como resultado deste brainstorming a ação definida pelo grupo foi a eliminação do processo de calibração do conjunto de manômetros no Laboratório de Metrologia, tendo como alternativa o deslocamento do padrão de calibração até o equipamento e a instalação de uma unidade hidráulica junto ao equipamento. Esta unidade hidráulica é utilizada para testes e pressurização do sistema.

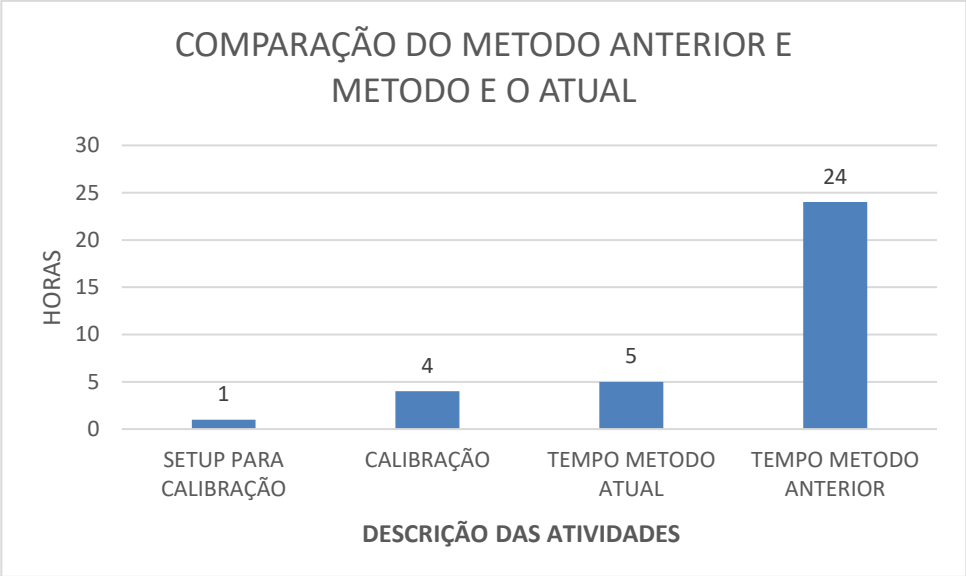

FIGURA 4 – GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DO TEMPO DE CALIBRAÇÃO NO MÉTODO ATUAL E ANTERIOR.

FONTES: OS AUTORES (2016)

Essa sistemática reduziu o tempo do processo de calibração dos manômetros de 24 para 5 horas – figura 4 - ou seja, a melhoria trouxe significativos ganhos de tempo e financeiros, pois não é mais necessário destinar mão de obra durante as 24 horas do processo de calibração, mas sim somente por 5 horas. Dessa forma, os funcionários podem executar outras atividades na companhia. Todo o processo de melhoria contínua foi desenvolvido e padronizado em um formulário kaizen especifico – Figura 5 - objetivando registrar e transmitir o conhecimento adquirido.

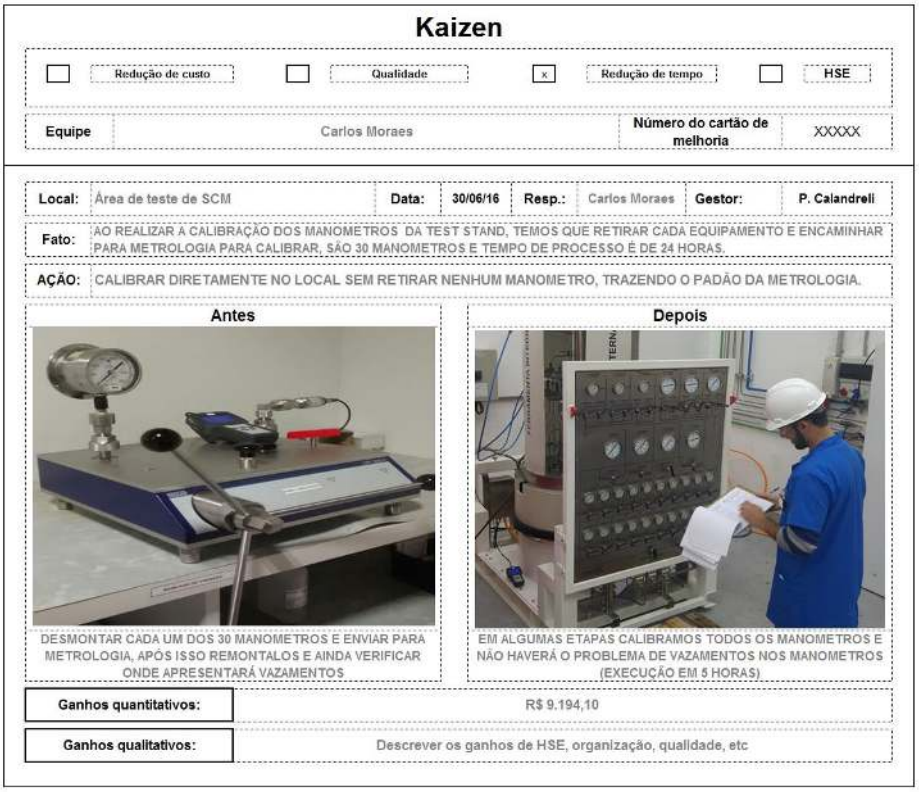

FIGURA 5 – FORMULÁRIO KAIZEN (MELHORIA CONTÍNUA).
FONTE: OS AUTORES (2016)

O padrão de formulário ilustrado na figura 5 é utilizado e exposto em todas as áreas da companhia em um quadro chamado ciclo de kaizen, o qual tem como objetivo conscientizar e incentivar os colaboradores, para que todos busquem a melhoria contínua.

Os objetivos estratégicos da organização orientam a busca pela excelência e pela melhoria contínua. Assim, um novo ciclo kaizen foi estabelecido e foi detectada – durante brainstorming – a possibilidade de redução dos custos de calibração. A norma API (American Petroleum Institute) especificação 6A item -7.2.2, prescreve que os instrumentos utilizados no processo de teste de pressão devem ser calibrados de 3 em 3 meses, gerando um alto índice de calibração de instrumentos de pressão, o que impacta diretamente nos custos de calibração de equipamentos. Os conjuntos de manômetros em questão, seguem o prescrito na norma. Porém, a mesma norma API, em seu item 7.2.2.1 - especificação 6A, menciona que os instrumentos de pressão que não são utilizados para medição e gravação, não se aplicam a esta frequência de calibração, ou seja, como os manômetros são utilizados apenas com orientação para regular a pressão e não são utilizados para monitoramento de pressão, os mesmos não necessitam ser enquadrados

nesse quesito de calibração de 3 em 3 meses. O quadro 1 ilustra o processo dos 5 porquês aplicado ao ciclo kaizen:

QUADRO 1 – CINCO PORQUÊS

Porquê 1	Porquê 2	Porquê 3	Porquê 4	Porquê 5	Causa Raiz	Prevenção de Recorrência
São realizadas várias calibrações durante o ano.	Procedimento interno solicita novas calibrações a cada 3 e ou 6 meses.	Procedimento elaborado conforme frequência de calibração estabelecida pela norma API 6A.	Não foi analisado as validações de leitura dos manômetros no processo de manufatura.	Falta análise dos critérios de validações dos manômetros utilizados nos testes com posterior revisão do procedimento.	Análise de critério na criação do procedimento interno.	Revisar procedimento de calibração.
			Não foi identificado que os manômetros disponíveis no processo são apenas utilizados como forma orientativa de regulagem de pressão.	Falta validar utilização dos manômetros como forma de regulagem de pressão orientativa com posterior revisão do procedimento.		
			Não foi analisado recomendações dos fabricantes, onde recomendam calibrações periódicas de no mínimo 1 ano, ou quando apresentarem defeito.	Falta analisar recomendações do fabricante conforme modelos disponíveis.		

			Não foi analisado que os transdutores de pressão que geram cartas de controle e afetam diretamente no produto.	Falta validar utilização dos transdutores como forma efetiva para análise da pressão, com posterior revisão do procedimento.		

FONTE: OS AUTORES (2016)

Outra ação foi a verificação junto aos fabricantes de manômetros referente a periodicidade de calibração recomendada pelos mesmos e estes indicaram que esta – normalmente - é de 12 meses. Outrora, foi realizada uma ação de benchmarking com algumas organizações que atuantes no mesmo segmento, sendo que algumas indicaram a mesma frequência de calibração e outras não efetuam qualquer calibração, justificando que se tratam de instrumentos meramente de uso orientativo. Com base nos dados coletados o procedimento de calibração foi revisado, com intuito de diferenciar a frequência de calibração dos transdutores e manômetros.

4.3.17. Manômetros /Transdutor de Pressão com Indicador Digital/Transdutor de Pressão

Desvio Permissível: ± 2% do fundo escala.

Periodicidade: A cada 3 meses nas três primeiras calibrações e 6 meses após a terceira, ou antes, quando apresentar alguma irregularidade.

FIGURA 6 – PROCEDIMENTO ANTERIOR

FONTE: OS AUTORES (2016)

4.3.17. Transdutor de Pressão com Indicador Digital/Transdutor de Pressão

Desvio Permissível: ± 2% do fundo escala.

Periodicidade: A cada 3 meses nas três primeiras calibrações e 6 meses após a terceira, ou antes, quando apresentar alguma irregularidade.

4.3.18. Manômetro

Desvio Permissível: ± 2% do fundo escala.

Periodicidade: A cada 12 meses, ou antes, quando apresentar alguma irregularidade.

FIGURA 7 – PROCEDIMENTO ATUAL

FONTE: OS AUTORES

4. CONCLUSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A empresa utiliza da terceirização dos processos de calibração dos manômetros. Os gastos com calibração destes instrumentos, representavam para a empresa um custo anual de R$ 106.221,60.

TABELA 1 – MÉTODO DE CALIBRAÇÃO ANTERIOR

Horas	Conjunto de Manômetros	Preço (Mão de Obra/ Hora)		Preço Total
24	6	R$	80,65	R$ 11.613,60

FONTE: OS AUTORES (2016)

TABELA 2 – FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO ANTERIOR

Meio de Medição	Quantidade	Frequência (Ano)	Calibrações (Ano)	Preço (Un.)	Preço Total
Manômetro até 10.000 PSI	46	3	4	R$ 36,00	R$ 6.624,00
Manômetro até 10.000 PSI	244	6	2	R$ 36,00	R$ 17.568,00
Manômetro maior 10.000 PSI	62	6	2	R$ 108,00	R$ 13.392,00
Manômetro maior 10.000 PSI	132	3	4	R$ 108,00	R$ 57.024,00
				Total:	R$ 94.608,00

FONTE: OS AUTORES (2016)

Com o novo método e a nova frequência de calibração, os custos anuais foram reduzidos em 68%.

TABELA 3 – MÉTODO DE CALIBRAÇÃO ATUAL

Horas	Conjunto de Manômetros	Preço (Mão de Obra/ Hora)		Preço Total
5	6	R$	80,65	R$ 2.419,50

FONTE: OS AUTORES (2016)

TABELA 4 – FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO ATUAL

Meio de Medição	Quantidade	Frequência (Ano)	Calibrações (Ano)	Preço (Un.)	Preço Total
Manômetro até 10.000 PSI	46	1	1	R$ 36,00	R$ 3.312,00
Manômetro até 10.000 PSI	244	1	1	R$ 36,00	R$ 8.784,00
Manômetro maior 10.000 PSI	62	1	1	R$ 108,00	R$ 6.696,00
Manômetro maior 10.000 PSI	132	1	1	R$ 108,00	R$ 28.512,00
				Total:	R$ 31.392,00

FONTE: OS AUTORES (2016)

Com a aplicação da metodologia de melhoria contínua, associada as ferramentas da qualidade, o processo de calibração foi otimizado, visando reduzir o tempo e aumentar a frequência de calibração, demonstrando que é possível realizar mais com menos, sem grandes investimentos financeiros para que um processo se torne mais eficaz e obtenha resultados satisfatórios. Essa afirmação é corroborada com o que refere Imai (1994) – já citado anteriormente neste trabalho – que a metodologia de trabalho do kaizen objetiva: resultados em um pequeno espaço de tempo e com poucos investimentos. Outrora também pode-se observar na prática o que preconiza a filosofia do Lean Manufacturing, onde deve-se buscar realizar mais com menos, reduzindo ao máximo os desperdícios.

5. REFERÊNCIAS

ARIOLI, E.E. **Análise e Solução de Problemas: o método da Qualidade Total com Dinâmica de Grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

CAMPOS, V. F.TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CARVALHO, Marly Monteiro, PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria da Qualidade**. Rio de Janeiro: Campos. 2005.

DOQ-CGCRE-017, Inmetro. Disponível em:<http://www.inmetro.gov.br/sidoq/arquivos/Cgcre/DOQ/DOQ-Cgcre-17_03.pdf>. Acesso em: 21 de Ago. de 2016.

GONÇALVES, M. G. **Monitoramento e Controle de Processos. Tomo 2. Programa de Qualificação de Operadores.** SENAI/Petrobrás. Brasília, 2003.

IMAI, Masaaki.Kaizen, **A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: Editora Imam, 1994.

JUNIOR, Antonio Robles e BONELLI, Valério Vitor**. Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente: Enfoque econômico, financeiro e patrimonial.** Editora: Atlas. São Paulo. 2006.

MARTINS G. Petronio; LAUGENI P. Fernando. **Administração da Produção Fácil**. São Paulo: Editora Saraiva, 2012.

MORAES, Giovanni. **Elementos do Sistema de gestão da qualidade de SMSQRS.** Rio de Janeiro: 2. ed. Gerenciamento Verde Editora, p.203, 2010.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RIGONI. **Análise de causas- 5 porquês, por que não 6?** 2010, disponível em:<http://www.totalqualidade.com.br/2010/01/analise-de-causas-cinco-porques-por-que.html>. Acesso em: 27 de ago. 2016.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: As ferramentas essenciais.** Curitiba: 2. edIbpex, p.27- 56, 2010

SOBEK II, Durward K.; SMALLEY Art. **Entendendo o Pensamento A3**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

STICKDORN, Marc; SCHNEIDER, Jakob. **Isto é Design Thinking de Serviços: Fundamentos, Ferramentas, Casos. 1. ed.** Porto Alegre: Bookman, p.168, 2014.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, p.52, 2002.

V.I.M - **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos Associados** (2012). Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012.