



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

IRAN LEANDRO NUNES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA:
a periodicidade das intervenções em instrumentos de
medição.**

**Aracaju – SE
2011.1**

IRAN LEANDRO NUNES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA:
a periodicidade das intervenções em instrumentos de
medição.**

**Monografia apresentada à banca
examinadora da Faculdade de
Administração e Negócios – FANESE,
como requisito parcial e elemento
obrigatório para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção
no período de 2011.1**

**Orientador: Profº Esp. Josevaldo dos
Santos Feitoza**

**Coordenador: Profº Dr. Jéfferson Arlen
Freitas**

**Aracaju – SE
2011.1**

FICHA CATALOGRÁFICA

Nunes, Iran Leandro

Plano de Manutenção Preventiva: a periodicidade das intervenções em instrumentos de medição/ Iran Leandro Nunes – 2011.

62f.: il

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2011.

Orientação: Josevaldo dos Santos Feitoza

1. Manutenção 2. Calibrações 3. Confiabilidade
4. Periodicidade I. Título

CDU 658.512(813.7)

IRAN LEANDRO NUNES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA:
a periodicidade das intervenções em instrumentos de
medição.**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2011.1.

Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza
1º Examinador (Orientador)

Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
2º Examinador

Prof. MSc. Bento Francisco dos Santos Junior
3º Examinador

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial a Deus pelo dom da Vida e permitir-me a superação das dificuldades do dia-a-dia.

Agradeço a meus pais Iran Nunes (In Memoriam) e a Maria Augusta por me darem educação e princípios para saber lidar com as adversidades deste mundo dinâmico. Aos meus irmãos e aos meus amigos pelos momentos de alegria e por todo incentivo.

Agradeço a minha Sogra – Ana Maria e ao meu Sogro – José Felix, pelo incentivo e pela força nas minhas dificuldades nesta jornada, me apoiando na conquista de mais um passo alcançado.

Aos meus amigos de trabalho e aos queridos mestres, peças essenciais na conquista dessa vitória. Ao meu grande orientador Prof. Josevaldo, pelos ensinamentos, força e segurança.

Agradeço em especial, a minha grande Esposa – Patrícia – por me tolerar todos estes anos e me guiar a cada passo conquistado – Obrigado.

Muito obrigado!

“A fé é um conhecimento para o qual é preciso despertar, é Deus conhecendo-se a Si mesmo em Nós”.

Jean-Yves Leloup

RESUMO

Este estudo tem a finalidade de realizar a adequação de forma técnica dos intervalos de manutenção dos instrumentos de medição da UTPF – Unidade de Tratamento e Processamento de Fluidos – Atalaia – Petrobrás. O processo ao qual estão inseridos estes instrumentos é crítico, portanto, a confiabilidade – bons instrumentos, equipes bem treinadas são a razão da busca pela maximização dos períodos de calibração. Com base na pesquisa de campo aliada às análises ao longo do tempo das diversas calibrações, busca-se a determinação da periodicidade e conseqüentemente o ajuste das mesmas. Assim, a confiabilidade metrológica, a maximização da periodicidade de calibração e uma equipe especializada, resultarão no aumento da produtividade e melhor controle dos processos, bem como minimizar custos e garantir a confiabilidade do sistema de medição.

Palavras-chave: Manutenção. Calibrações. Confiabilidade. Periodicidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Evolução da manutenção	16
Figura 02 - Classificação da manutenção	17
Figura 03 - Manutenção corretiva	18
Figura 04 - Curva da banheira versus taxas de falhas	19
Figura 05 - Plano de manutenção	22
Figura 06 - Curva da banheira	23
Figura 07 - Curva da Banheira para equipamentos eletrônicos.....	24
Figura 08 - Hierarquia de padrões de medição.....	27
Figura 09 - Operação de calibração e verificação	29
Figura 10 - Vista da UPGN - Atalaia	34
Figura 11 - Fluxograma de engenharia – instrumentação	35
Figura 12 - Transmissor de pressão.....	37
Figura 13 - Certificado de calibração (PT) 2006.....	38
Figura 14 - Certificado de calibração (PT) 2007.....	39
Figura 15 - Certificado de calibração (PT) 2008.....	39
Figura 16 - Transmissor de temperatura.....	40
Figura 17 - Certificado de calibração (TT) 2006.....	41
Figura 18 - Certificado de calibração (TT) 2007.....	42
Figura 19 - Certificado de calibração (TT) 2008.....	42
Figura 20 - Transmissor de vazão.....	43
Figura 21 - Certificado de calibração (FT) 2006.....	44
Figura 22 - Certificado de calibração (FT) 2007.....	45
Figura 23 - Certificado de calibração (FT) 2008.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Decisão a ser tomada	31
Tabela 02 - Ajustes sugeridos pelo método de Schumacher	31
Tabela 03 - Especificações do transmissor de pressão	37
Tabela 04 - Especificações do Transmissor de temperatura	41
Tabela 05 - Especificações do transmissor de temperatura	44
Tabela 06 - Comportamento dos Transmissores através de Schumacher	47
Tabela 07 - Intervalos sugeridos do método de Schumacher	48
Tabela 08 - Maximização dos intervalos sugeridos em Schumacher	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do PT-20411	40
Gráfico 02 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do TT-20405.....	43
Gráfico 03 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do FT-20418A	46
Gráfico 04 - Acompanhamento dos transmissores (2006 a 2010)	47

SUMÁRIO

RESUMO.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE GRÁFICOS.....	
SUMÁRIO.....	
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.1.3 Justificativa.....	13
2 Fundamentação Teórica.....	15
2.1 Manutenção.....	15
2.2 Histórico da Manutenção.....	15
2.3 Classificação da Manutenção.....	17
2.4 Engenharia de Manutenção.....	20
2.5 Plano de Manutenção.....	21
2.6 Confiabilidade.....	22
2.6.1 Curva da banheira.....	23
2.7 Metrologia na Indústria.....	24
2.7.1 Instrumentação.....	26
2.7.2 Padrões de medida.....	26
2.7.3 Calibração e verificação.....	28
2.7.4 Método de schumacher.....	30
2.8 Treinamentos.....	32
3 METODOLOGIA.....	33
4 ANÁLISE E RESULTADOS.....	34
4.1 Intervalo de Manutenção.....	36
4.2 Análise dos instrumentos.....	36
4.2.1 Transmissor de pressão.....	37
4.2.2 Transmissor de temperatura.....	40
4.2.3 Transmissor de vazão.....	43
4.3 Resultados.....	46
5 CONCLUSÃO.....	50
GLOSSÁRIO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS.....	56
ANEXO A - Certificados de Calibração Petrobras de 2009 a 2010.....	57

1 INTRODUÇÃO

No mundo competitivo dos dias atuais, as organizações buscam ações organizadas de planejamento de suas atividades, sejam elas administrativas ou operacionais, auxiliando na correta implantação de processos de manutenção, integração de informações, melhorando a prestação de serviços para as empresas. A qualidade da gestão é provavelmente o fator mais significativo na determinação do desempenho e do sucesso de uma empresa/organização.

Na atualidade, a utilização de técnicas de manutenção tem o intuito de minimizar as falhas que ocorrem nos processos produtivos de toda e qualquer empresa. Um bom plano de manutenção é um elemento chave na produtividade e para qualidade dos produtos. Kardec e Ribeiro (2002, p. 41), concordam com o fato de que a manutenção tem um papel importante e fundamental no apoio para manter a logística da empresa, a qual está diretamente relacionada com a competitividade do sistema industrial.

Criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura da mudança, competência e trabalho em equipe são princípios fundamentais da Manutenção. A função manutenção, portanto, não pode estar isolada do resto das funções da organização, pois, deve-se manter os processos em perfeito estado operação e preservação.

Para Santos (et al 2007, p. 198), é importante encontrar o tempo ótimo entre as manutenções que garantam maior disponibilidade dos ativos da empresa. Os profissionais da área de planejamento da manutenção pelem para determinar que tipo de intervenção e quando ela irá ocorrer. Haja vista a complexidade desta atividade exige-se técnicas, gestão e abordagens inovadoras quanto a sua organização.

O objetivo desta monografia é conhecer e sugerir maximizar a periodicidade das intervenções aplicadas nos Planos de Manutenção empreendidos numa petrolífera sergipana. Mais especificamente, deseja-se definir sistematicamente ações apropriadas que atendam aos critérios de aceitação aplicados nos instrumentos de medição de pressão, vazão e temperatura daquela empresa. Espera-se, assim, garantir a confiabilidade dos sistemas produtivos. A

utilização adequada de equipamentos de medição assegura uma operação confiável, portanto, a manutenção correta destes equipamentos (de medição) é de fundamental importância para que se atinjam os objetivos da qualidade (ISO 10012, 2004, p. 5). A fidelidade das indicações das variáveis de processos tem efeito positivo, minimiza os custos e garante o uso dos sistemas produtivos de qualquer organização.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Estudar e adequar de forma técnica os intervalos de manutenção dos instrumentos de medição de pressão, vazão e temperatura da UTPF – Unidade de Tratamento e Processamento de Fluidos – Atalaia - Petrobras, para assegurar o pleno funcionamento dos equipamentos. Estes intervalos definidos buscarão garantir produção normal e redução nos custos com pessoal de manutenção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os intervalos de manutenção dos instrumentos;
- Identificar os intervalos de manutenção;
- Propor a maximização dos intervalos de manutenção.

1.1.3 Justificativa

A globalização da economia e as rápidas alterações no mercado de trabalho, fazem com que as organizações procurem a competitividade levando em consideração suas competências aliadas ao planejamento de suas atividades, inclusive aquelas relacionadas aos seus processos produtivos. Portanto, a manutenção tem papel fundamental nestas conquistas com trabalhos sérios e promissores.

Uma melhor programação e a maximização dos intervalos de manutenção implicam em uma considerável economia em qualquer empresa e conseqüentemente em uma sensível redução de seus custos. Agendar e executar as atividades em momentos oportunos com menores impactos para os diversos usuários significa bons índices de confiabilidade no fornecimento dos serviços, a custos otimizados.

A periodicidade das intervenções será definida com resultados e critérios de aceitação, levando-se em consideração a probabilidade de o equipamento falhar devido às suas condições de operação. Por sua vez, uma medição eficaz assegura que o equipamento e os processos são adequados para o seu uso e é importante para atingir os objetivos da qualidade.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Manutenção

As atividades relacionadas à manutenção são medidas necessárias para conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação, e tem o objetivo de manter as instalações operando nas condições para as quais foram projetadas. Além disso, devem fazer com que retornem a esta condição, caso tenham deixado de exercê-la, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

A manutenção e suas ações buscam, “Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados” (PINTO & XAVIER, 1999, p.16).

2.2 Histórico da Manutenção

As medidas necessárias para manter ou conservar algo, surgiram como necessidade desde a antiguidade onde ainda era desconhecida pelo nome de manutenção, embora já usada, mas não reconhecida. Esta prática de conservar instrumentos e ferramentas deu-se nome de manutenção, que pode ser aproximadamente dividida em três gerações distintas, denominadas (SIQUEIRA, 2005, p. 4):

- **Primeira Geração** – Mecanização;
- **Segunda Geração** – Industrialização;
- **Terceira Geração** – Automatização.

A Figura 01 ilustra a evolução temporal destas gerações, após a Segunda Guerra Mundial. Cada geração é caracterizada por um estágio diferente de evolução tecnológica dos meios de produção, e pela introdução de novos conceitos e paradigmas nas atividades de manutenção (SIQUEIRA, 2005, p. 4).



Fonte: Adaptado de Siqueira (2005)

Figura 01 - Evolução da manutenção

Segundo Monchy (1989 apud Gruppi 2006, p. 29), o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era dar continuidade, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante. É evidente que as unidades que nos interessam aqui são as unidades de produção, e o combate é antes de tudo econômico. O aparecimento do termo "manutenção" na indústria ocorreu por volta do ano 1950 nos Estados Unidos da América. Na França, esse termo se sobrepõe progressivamente à palavra "conservação".

Assim, os produtos que incorporavam a tecnologia mais moderna e melhor qualidade, que eram vendidos no exterior a preços mais baixos que os entrados no mercado local, estavam fora do seu alcance, pois as barreiras à importação eram quase intransponíveis. As indústrias almejavam maior disponibilidade e vida útil dos instrumentos e equipamentos, a um baixo custo (SIQUEIRA, 2005, p. 9). E a competição, mola do desenvolvimento, estimuladora da eficiência e controladora dos preços no mercado, se limitava aos fabricantes locais, todos sujeitos a essas mesmas limitações.

No Brasil, a manutenção foi se desenvolvendo conforme foi aumentando a necessidade de melhor desempenho da produção, trazendo assim um esforço

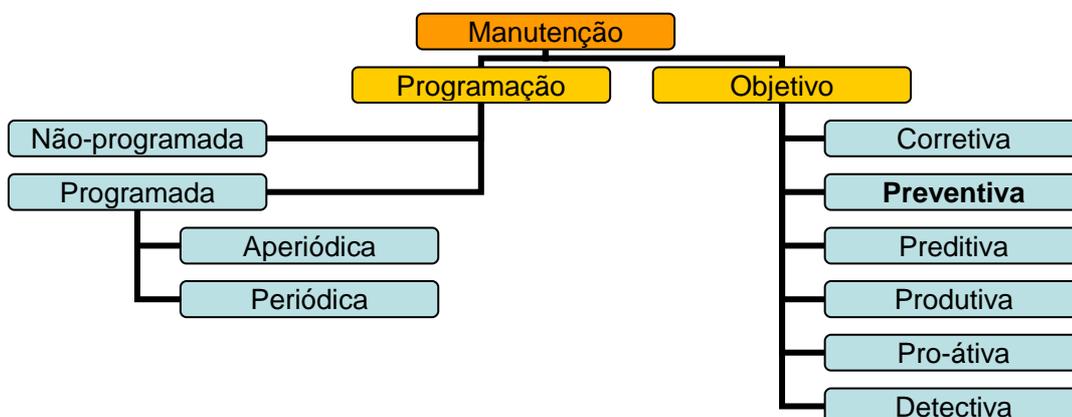
muito maior no sentido da busca de novas tecnologias em relação à manutenção. Assim, as nossas indústrias, para recuperar os atrasos tecnológico e de produtividade, precisam de mudanças técnicas e administrativas urgentes em todos os seus setores.

A manutenção, por sua vez, tem que ser moderna e eficiente, acompanhando o ritmo de todo este processo de desenvolvimento tecnológico, e antes de se tornar mais um obstáculo aos meios produtivos, ela deve buscar sempre as melhores soluções, procurando tornar o conjunto mais ágil e dinâmico, porque o seu papel é o de suporte da produção. Hoje, muitas empresas desfrutam dos resultados de uma manutenção bem estruturada, trazendo assim cada vez mais a motivação para outras empresas seguirem o mesmo caminho, tornando a manutenção como um alvo nas metas das organizações (THEISS, 2004, p. 18).

2.3 Classificação da Manutenção

As atividades de manutenção são classificadas de acordo com a forma de programação e o objetivo das tarefas executadas.

Quanto à programação – Manutenção Programada e Não-programada, com as atividades executadas obedecendo a critérios de tempo e condições pré-definidas e as executadas em função da necessidade. Como mostra Figura 02, as Manutenções programadas podem ser periódicas, se realizadas a intervalos fixo de tempo, ou aperiódicas, realizadas a intervalos variáveis, ou dependendo de oportunidades.



Fonte: Adaptado de Siqueira (2005, p.12)

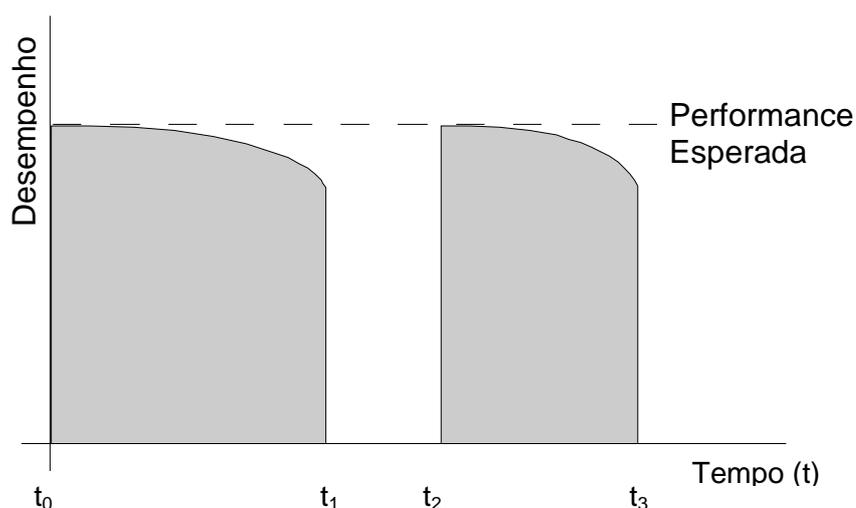
Figura 02 - Classificação da manutenção

Quanto aos objetivos – são classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Seis categorias são normalmente identificadas, sob este aspecto:

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva
- Manutenção Produtiva
- Manutenção Pró-ativa
- Manutenção Detectiva

Manutenção Corretiva – intervenção decorrente de uma falha, quebra ou mau funcionamento. Segundo Siqueira (2005, p. 13), esta visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado. É tipicamente reativa.

Conforme mostra a Figura 03, há uma aleatoriedade na ocorrência da falha. É verificada também uma redução no desempenho do equipamento no decorrer do intervalo de tempo (t_0 e t_1) e (t_2 e t_3). O intervalo entre t_1 e t_2 , é correspondente ao intervalo que o instrumento/equipamento ficou em manutenção após a ocorrência da falha.



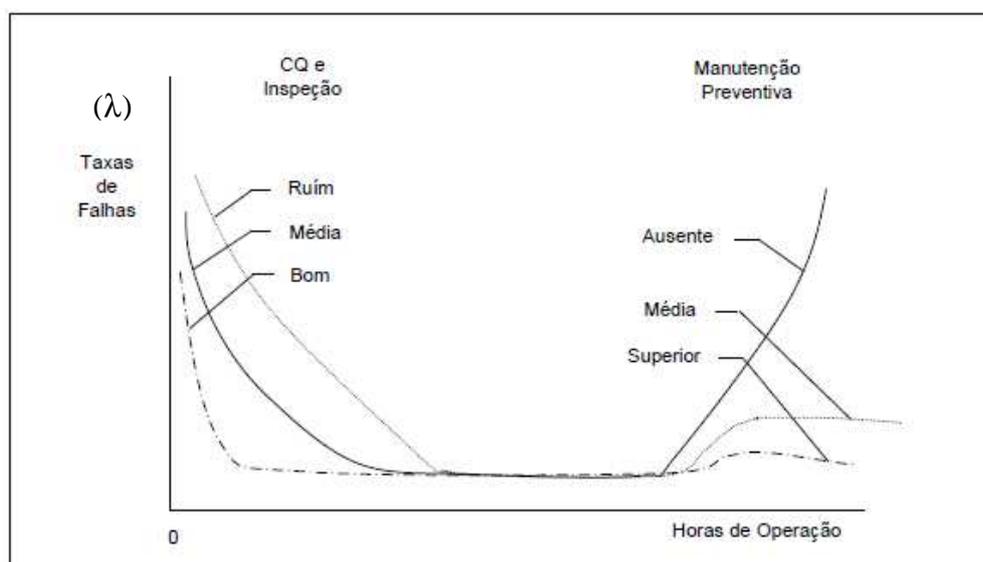
Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (1999)

Figura 03 - Manutenção corretiva

Manutenção Preventiva – intervenção feita a intervalos regulares de tempo corrido ou de funcionamento. Consiste em executar uma serie de trabalhos, como trocar peças e óleo, engraxar, limpar e etc, segundo uma programação preestabelecida (SIQUEIRA, 2005, p. 13). Previne possíveis manutenções corretivas.

A manutenção preventiva tem como objetivo manter o sistema em estado operacional através da prevenção de ocorrências de falhas.

Conforme a Figura 04 a manutenção preventiva afeta, diretamente, a confiabilidade e o seu efeito na taxa de falhas (λ) como podem ser observados na forma da curva da banheira (LAFRAIA, 2001, p. 16-20).



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001)

Figura 04 - Curva da banheira versus taxas de falhas

Manutenção Preditiva – intervenção feita de acordo com o acompanhamento de determinados parâmetros do equipamento. Esta intervenção consiste em monitorar as condições do equipamento e instalações de modo a antecipar a identificação de um futuro problema (SIQUEIRA, 2005, p. 14). Esta manutenção necessita de tecnologia específica.

A manutenção preditiva é tida como o tipo de reparo que garante uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de medições e análises, utilizando-se de meios de supervisão ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR-5462,1994, p.7).

Para Nakajima (1989 apud Azevedo 2007, p. 27), semelhantemente a manutenção preventiva, a manutenção preditiva reduz a probabilidade de defeitos. Porém, ao invés de ser executada em intervalos fixos de tempo, são feitas somente quando a necessidade é iminente.

Manutenção Pró-ativa – conforme afirma Flores (2002, p. 38), ainda que muito mais que uma metodologia ou política, a manutenção pró-ativa caracteriza-se por posturas, atitudes e comportamentos ancorados no conhecido conceito de pró-atividade – ou seja, a capacidade de agir antes, antecipando, prevenindo e evitando a ocorrência de problemas.

Manutenção Produtiva – tem o objetivo de garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos.

Manutenção Detectiva – é uma variante da Manutenção Preventiva, aplicada sobre os ativos de proteção. Estes ativos são dispositivos que protegem outros equipamentos e que, em condições normais, ficam parados. Só são acionados no caso de uma emergência, assim necessitam de testes periódicos para verificar se em caso de emergência funcionarão adequadamente.

A detecção de falhas e suas correções são realizadas sem a necessidade de parar os processos envolvidos, como ocorrem em plantas Petroquímicas com sistemas supervisores, onde os instrumentos são redundantes e na falha, assume automaticamente aquele ponto para o monitoramento das variáveis.

2.4 Engenharia de Manutenção

Como complemento das formas básicas de manutenção, novas técnicas surgiram e foram rapidamente absorvidas pela engenharia de manutenção para melhor tratamento das falhas (SIQUEIRA, p. 13). A Engenharia de Manutenção (tecnológico) passou a desenvolver processos mais sofisticados de controle e análise, utilizando-se de fórmulas complexas visando predeterminar os períodos mais econômicos de execução da Manutenção, ou seja, a engenharia preocupa-se com o planejamento e gerenciamento de sistemas visando atender os objetivos definidos.

Para Pinto e Xavier (1999, p. 42), Engenharia de Manutenção significa perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de Primeiro Mundo.

A atividade de engenharia na manutenção envolve muitos outros aspectos além do tecnológico. Engenhar um sistema produtivo implica em aspectos econômicos e metodológicos associados aos de natureza tecnológica (ALMEIDA & SOUZA, 2001, p. 3).

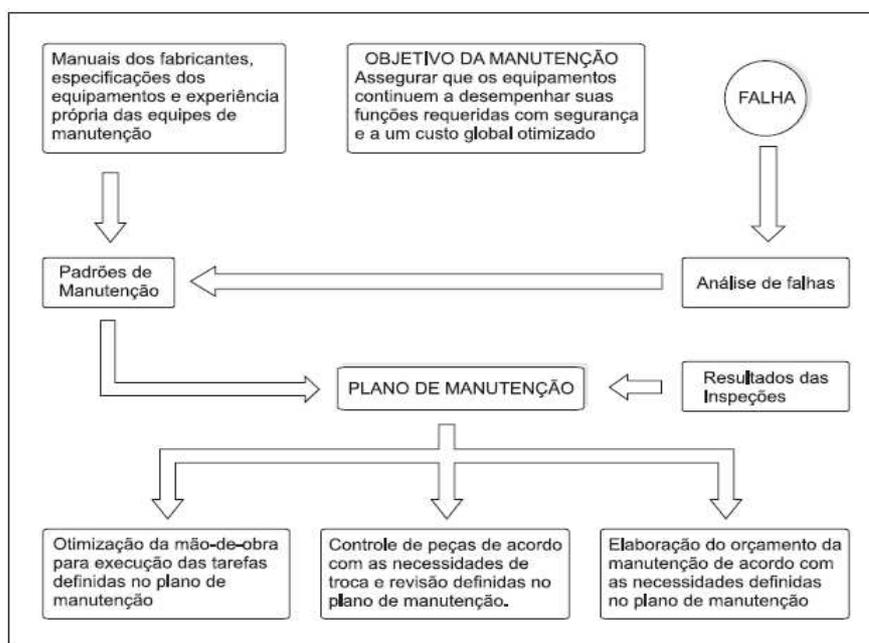
2.5 Plano de Manutenção

Segundo Adamatti (2006, p.132), o Plano de Manutenção é um conjunto de informações que permite planejar e programar intervenções com frequências pré-definidas e tarefas padronizadas, para assegurar a continuidade e segurança operacional de instalações e preservação de equipamentos e materiais.

Funções do Plano de Manutenção:

- Pré-definir frequências de intervenções periódicas de manutenção e inspeção;
- Padronizar as tarefas em tais intervenções;
- Indicar necessidades de recursos de Mão-de-obra, materiais e equipamentos auxiliares para estas operações;
- Criar automaticamente Notas ou Ordens de Manutenção para as intervenções de acordo com parâmetros de programação previamente determinados.

Portanto, um plano de manutenção como ferramenta de gerenciamento, deve fornecer uma base racional com princípios de controle e acompanhamento das condições para a formulação de um programa de manutenção preventiva, como mostra a Figura 05.



Fonte: Adaptado de Azevedo (2007)

Figura 05 - Plano de manutenção

2.6 Confiabilidade

Confiabilidade é a probabilidade de um sistema exercer sem falhas a função para a qual foi projetado, por um determinado período de tempo e sob um conjunto de condições pré-estabelecidas. Para Lafraia (2001, p. 2), confiabilidade é a probabilidade de que um componente ou sistema funcionando dentro dos limites especificados de projeto, não falhe durante o período de tempo previsto para sua vida, dentro das condições de agressividade ao meio.

Intuitivamente pode-se associar a confiabilidade à durabilidade de um item, considerando que esse item deve cumprir uma determinada missão durante um certo intervalo de tempo (ALMEIDA et al, 2001, p. 12).

A confiabilidade está diretamente relacionada com a confiança que temos em um produto, equipamento ou sistema, ou seja, que estes não apresentem falhas. Matematicamente a confiabilidade pode ser representada, simplesmente, como:

$$C(x) = 1 - \int_0^x f(x) dx$$

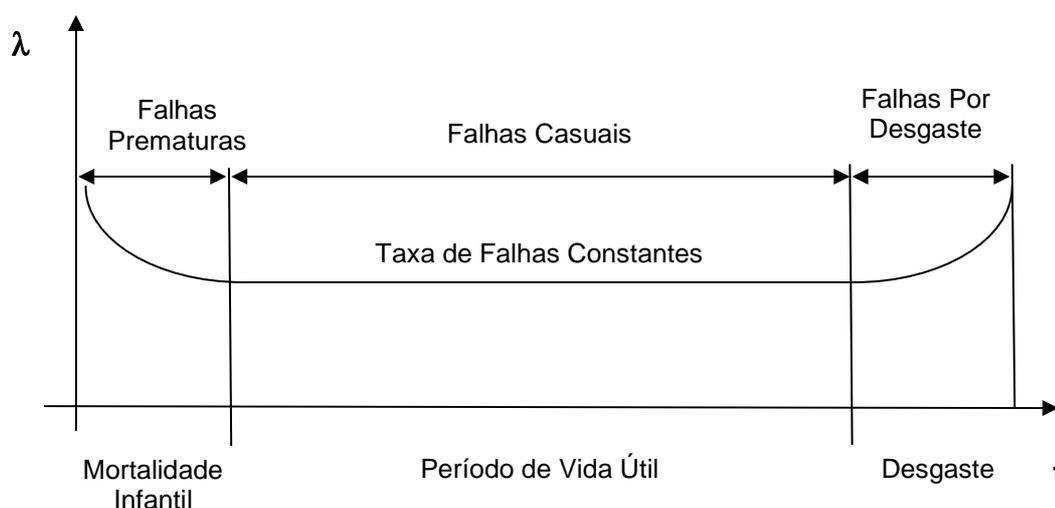
Sendo $C(x)$ a confiabilidade $f(x)$ a função da densidade de probabilidade de falha e (x) a variável aleatória.

Para o cálculo da densidade utiliza-se à função de Weibull que é mais utilizada. Ela é uma distribuição de probabilidade contínua, usada em estudos de tempo de vida de equipamentos e estimativa de falhas.

2.6.1 Curva da banheira

A curva da banheira apresenta, de maneira geral, as fases da vida de um componente. Embora ela seja apresentada como genérica, a curva da banheira só é válida para componentes individuais.

Como vemos na Figura 06, o componente (instrumento) apresenta três períodos característicos da vida: mortalidade infantil, período de vida útil e período de desgaste.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001)

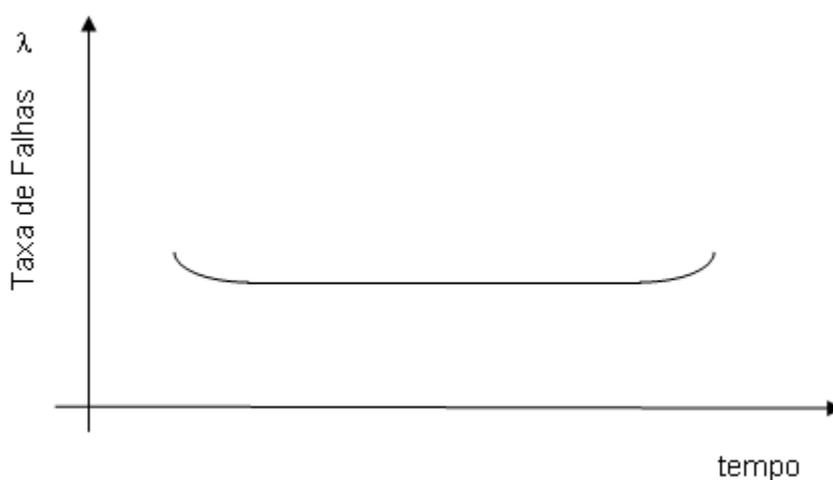
Figura 06 - Curva da banheira

No período de mortalidade infantil, ocorrem falhas prematuras. A taxa de falha (λ) é decrescente e podem ter as seguintes origens: processos de fabricação deficientes, controle de qualidade, mão-de-obra desqualificada, instalação imprópria, erro humano e etc.

O período de vida útil é caracterizado por taxa de falhas (λ) constante. Normalmente, as falhas são de natureza aleatória, pouco podendo ser feito para evitá-las.

No período de desgaste, inicia-se o término da vida útil do equipamento. A taxa de falhas (λ) cresce continuamente: envelhecimento, desgaste, manutenção insuficiente ou deficiente são alguns exemplos desta fase.

Lafraia (2001, p. 18), ressalta que, nem todos os componentes/equipamentos apresentam sempre todas as fases. Para os instrumentos que possuem componentes eletrônicos, estes apresentam normalmente falhas aleatórias; para estes tipos de falhas é comum lançar-se mão do conceito de substituição quando há quebra, já que a manutenção preventiva nesta fase é normalmente de pouca efetividade, como mostra Figura 07.



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001)

Figura 07 - Curva da Banheira para equipamentos eletrônicos

A falha é a variável principal e a razão de todo o estudo em confiabilidade e tem relação direta com diversos aspectos da manutenção.

2.7 Metrologia na Indústria

Um meio para determinar uma variável ou quantidade física pode envolver artifícios próprios de uma pessoa. Assim, um juiz de futebol mede a distância entre a bola e a barreira contando onze passos, ou uma pessoa mede a temperatura de um objeto usando as mãos, ou outros tipos de medida, usando o

tato, o olfato, a visão etc. Em qualquer destes casos, não podemos afirmar com certeza o valor da grandeza medida.

Segundo Lira (2007, p. 15), os instrumentos de medida, portanto, servem como uma extensão das faculdades humanas, e podem ser tão simples como um gabarito ou uma escala. Com a evolução da tecnologia e das técnicas de medição, os instrumentos passaram a ser mais elaborados e de melhor exatidão, múltiplos recursos e usos, exigindo dos técnicos o conhecimento do princípio de funcionamento e dos recursos incorporados, para utilizá-los de maneira eficiente.

O processo de medição abarca uma série de requisitos que os técnicos precisam ter ciência, como os termos empregados na metrologia imprescindível para interpretação de resultados.

Vejamos a definição de alguns destes termos:

Instrumento – dispositivo para determinação do valor de uma grandeza ou variável, podendo ser utilizado sozinho ou em conjunto com dispositivos complementares;

Exatidão de um Instrumento – capacidade de um instrumento de medição para dar leituras próximas ao valor verdadeiro da variável medida;

Sensibilidade – relação entre o sinal de saída ou resposta do instrumento e a mudança na entrada ou valor medido;

Resolução – menor mudança no valor medido na qual o instrumento responde;

Erro – diferença entre a indicação de um instrumento o valor verdadeiro da grandeza de entrada.

Incerteza – é um parâmetro que procura caracterizar o “grau de confiança” que se tem nas medições efetuadas, sendo uma **indicação dos limites máximos (superior e inferior) dos erros** que se supõe possam ter sido cometidos ao medir uma dada grandeza. Não sendo possível prever qual o sinal de tais erros, a incerteza é sempre indicada como “±”.

Tag - é um código alfanumérico, cuja finalidade é a de identificar equipamentos ou instrumentos, dentro de uma planta de processos. É também a identificação física de um instrumento ou equipamento. Por meio deste podemos localizar onde o instrumento/equipamento esta instalado, se há painel, se instalado no campo ou numa sala de controle, se faz parte de uma tela de supervisor e etc.

2.7.1 Instrumentação

É definida como “a ciência que desenvolve e aplica técnicas de medição, indicação, registro e controle de processos de fabricação, visando a otimização e eficiência destes processos”. O termo instrumentação pode ser utilizado para fazer menção à área de trabalho dos técnicos e engenheiros que lidam com processos industriais (técnicos de operação, instrumentação, engenheiros de processamento, de instrumentação e de automação), mas também pode referir-se aos vários métodos e técnicas possíveis aplicadas aos instrumentos. Para controlar um processo industrial (independente de qual o produto fabricado ou sua área de atuação) é necessária a medição e o controle de uma série de variáveis físicas e para isso se utiliza da instrumentação.

2.7.2 Padrões de medida

A palavra inglesa *standard* pode ser traduzida para Português como norma ou **padrão**. No âmbito da metrologia, é comum utilizar-se o termo *measurement standard* para denominar **padrão de medição**, que é explicado a seguir.

No Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM, 1995, p.16), padrão de medição é definido como “medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade, ou um ou mais valores de uma grandeza, para servirem de referência”.

Como exemplo de padrões de medição podemos considerar:

- Padrão de massa de 1 kg;
- Resistência padrão de 100 W;
- Amperímetro padrão.

Os padrões estão organizados numa hierarquia de qualidade: Padrões Internacionais, Padrões Primários, Padrões Secundários e Padrões de Trabalho. Esta hierarquia de padrões está representada na Figura 08.



Fonte: Adaptado de Alves (2003)

Figura 08 - Hierarquia de padrões de medição

Padrões Internacionais – é um padrão reconhecido por um acordo internacional para servir de base (internacional) à fixação dos valores de outros padrões da grandeza a que respeita (VIM, 1995, p.17). Os padrões internacionais são periodicamente avaliados e testados através de medições absolutas em termos das unidades fundamentais. Estes padrões são mantidos no *Bureau International de Poids et Mesures - BIPM* e não estão disponíveis ao utilizador normal para comparação ou calibração.

Padrões Primários – é designado ou é largamente reconhecido como possuindo as mais elevadas qualidades metrológicas, e cujo valor é aceito sem referência a outros padrões da mesma grandeza. Por exemplo, o Departamento Nacional de Padrões Norte-Americano (*National Bureau of Standards - NBS*), em Washington, é responsável pela manutenção dos padrões secundários nos Estados Unidos da América.

Padrões Secundários – são os padrões de referência utilizados em laboratórios industriais e são normalmente mantidos por uma empresa em particular. Estes padrões são enviados periodicamente aos laboratórios nacionais para calibração e comparação com os padrões primários.

Padrões de Trabalho – Padrão utilizado rotineiramente para calibrar ou controlar medidas materializadas, instrumentos de medição ou materiais de referência.

2.7.3 Calibração e verificação

Periodicamente, é necessário verificar se os instrumentos de medição mantêm as suas características de qualidade. Existe então a necessidade de efetuar a calibração e/ou verificação dos instrumentos, operações indispensáveis que validam (ou não) as indicações fornecidas pelos instrumentos de medição.

A calibração é um dos aspectos que o usuário deve observar, ou seja, ela é o resultado de uma série de fatores que vai confirmar a confiabilidade do instrumento e a qualidade da medida na inspeção do produto.

Como observado no Vocabulário Internacional de Metrologia (1995, p.18), Calibração é o nome dado ao conjunto de operações que estabelecem, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento (calibrador) ou sistema de medição e os valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, ou os correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões.

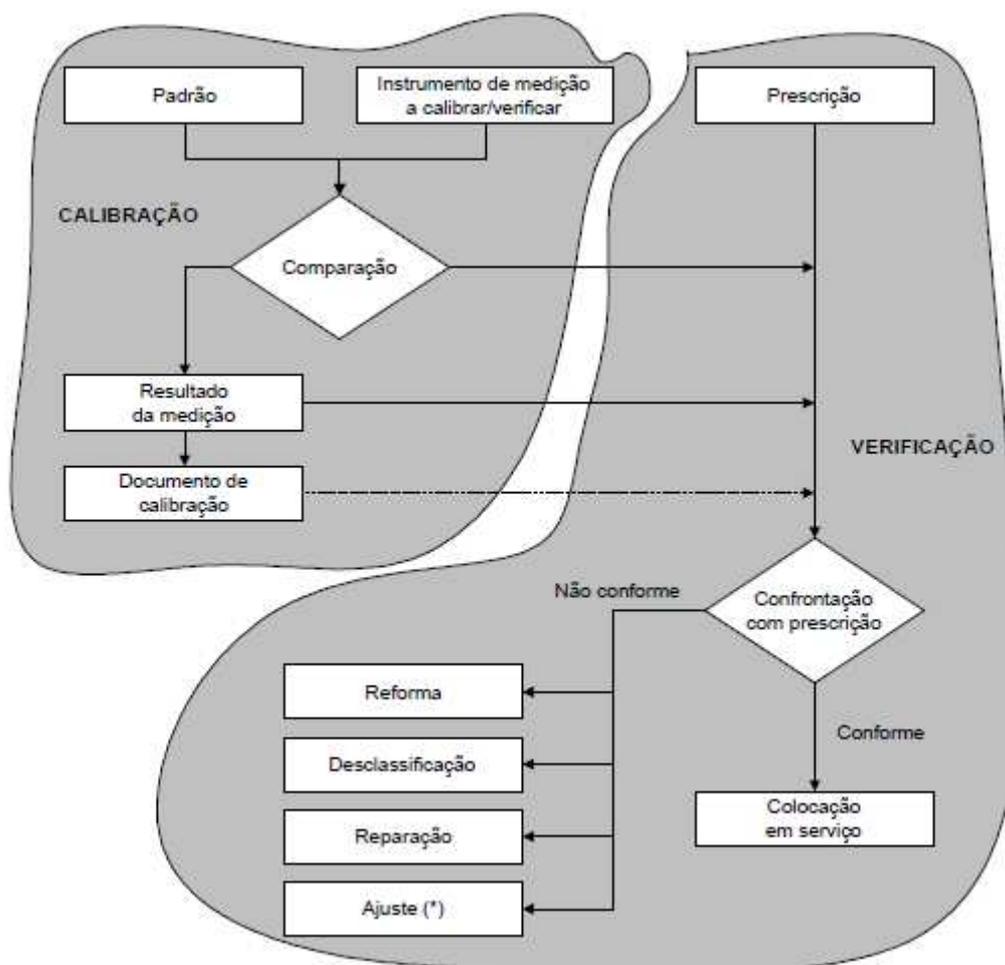
As operações de calibração e de verificação são ambas baseadas na comparação do instrumento de medição com um instrumento padrão de modo a determinar a sua exatidão e verificar se essa exatidão continua de acordo com a especificação do fabricante. Para Cabral (1996 apud Alves 2003, p.15), o efeito da calibração é considerado como sendo o conjunto dos valores resultantes da comparação dos resultados fornecidos pelo instrumento de medição com os valores materializados pelo padrão.

O resultado da *calibração* pode ser registrado num documento – *certificado de calibração*, cuja exploração permite diminuir a incerteza das medições obtidas com o instrumento.

Na *verificação* busca-se satisfazer ou não às determinações (especificações) previamente fixadas por órgãos regulamentadores que autorizam a sua entrada ou continuação em serviço. Uma verificação poderá ser feita comparando-se os resultados de uma calibração com os limites de erro admissíveis ou diretamente com um padrão que materializa as indicações limites admissíveis do instrumento.

O resultado de uma verificação pode traduzir-se na Figura 09:

- Uma constatação da conformidade com as especificações, significando que o instrumento pode ser colocado em serviço.
- Uma constatação de não conformidade, conduzindo a uma decisão de ajuste, reparação, reforma ou desclassificação do instrumento.



(*) Por vezes, o ajuste é parte integrante da operação de calibração

Fonte: Adaptado de Alves (2003)

Figura 09 - Operação de calibração e verificação

É importante notar que a calibração implica apenas resultados numéricos, ao passo que a verificação implica um julgamento conducente a uma decisão.

2.7.4 Método de schumacher

Para Lira (2007, p. 241) o método de Schumacher consiste na utilização de alguns conceitos e tabelas que relacionam o comportamento do instrumento em calibrações anteriores e o seu intervalo de calibrações.

Por meio deste método os instrumentos são classificados conforme as condições em que se encontram, levando-se em consideração a ficha histórica – certificado de calibração - na qual são registradas as condições do instrumento. Camargo et al (2008, p. 3) salienta que, a análise de conformidade é realizada utilizando-se como referência o desvio encontrado e comparando-o com o tolerável pelo processo. O intervalo é ajustado após a consideração do “status” do instrumento apresentado na última calibração e nas três calibrações anteriores.

Nos certificados utilizam-se as seguintes anotações:

A (Avaria) – designa problema que possa prejudicar um ou mais parâmetros do instrumento;

F (Fora de exatidão – Não-Conforme) – Indica que o equipamento funcionava, porém, fora das tolerâncias estabelecidas por Norma Técnica.

C (Conforme) – Indica que o equipamento funcionava dentro das tolerâncias estabelecidas por Norma Técnica.

Com base na condição de recebimento do equipamento e nas duas ou três calibrações anteriores, determinar por meio da Tabela 01, qual a decisão que deve ser tomada. Esta decisão é indicada por letras, conforme segue:

- **D** = Indica que o período deve diminuir;
- **E** = Indica que o período deve aumentar;
- **P** = Indica caso duvidoso, e o período não deve ser alterado;
- **M** = Indica que a redução do período deve ser a máxima possível.

Tabela 01 - Decisão a ser tomada

Calibrações Anteriores	Condições de Recebimento		
	A	F	C
CCC	P	D	E
FCC	P	D	P
ACC	P	D	E
CF	M	M	P
CA	M	M	P
FC	P	M	P
FF	M	M	P
FA	M	M	P
AC	P	D	P
AF	M	M	P
AA	M	M	P

Fonte: Adaptado de Lira (2007)

Com base no desempenho anterior e na condição atual, define-se a periodicidade permanente, podendo vir aumenta e/ou diminui. Em seguida consulta-se a tabela de ajuste e determina-se o novo período de calibração do instrumento.

Tabela 02 - Ajustes sugeridos pelo método de Schumacher

Intervalo atual (dias)	Intervalo sugerido (dias)		
	D	E	M
35	28	49	28
70	63	91	42
105	98	126	63
140	126	168	91
175	161	203	112
210	189	245	140
245	224	280	161
280	252	315	175
315	287	343	182
350	315	364	189

Fonte: Adaptado de Lira (2007)

Analisando a Tabela 02, verifica-se que os percentuais são variáveis em função da periodicidade atual. Com o intervalo de 175 dias o aumento desse intervalo será 16%, uma redução normal de 8% e uma máxima redução de 36%. Na frequência de 350 dias o aumento será de 4%, redução normal de 10% e redução máxima de 46%. Para Camargo (at al, 2008, p. 3), com este método, o intervalo de

comprovação poderá ser diminuído até determinado limite, sendo que quando a máxima redução é atingida, é recomendado retirar o instrumento de uso.

2.8 Treinamentos

Segundo Nacif (2001 apud Azevedo 2007, p.13), a capacitação da equipe de manutenção é importante tanto para garantir elevado nível de manutenção quanto para conseguir realizar os serviços dentro do custo desejado, uma vez que a utilização de mão-de-obra treinada reduz a possibilidade de retrabalho. O pessoal envolvido deve ser conscientizado sobre a extensão de suas responsabilidades e do impacto de suas atividades sobre a eficiência dos sistemas envolvidos (ISO 10012, 2004, p. 4).

Suzuki (1993 apud Azevedo 2007, p. 13), afirma que as empresas devem prover meios que possibilitem o desenvolvimento de seus recursos humanos, de forma a garantir que funcionários exerçam seu pleno potencial. Para melhor controle da qualificação técnica dos funcionários, é interessante que se faça um levantamento periódico das necessidades de treinamento da equipe de manutenção e elabore um programa de treinamento por funcionário ao longo do período seguinte como recomenda a ISO 10012, seção (6.1.2)[4].

Na manutenção, o treinamento deve garantir que os funcionários ampliem suas competências e demonstrem técnica para apreender, investigar, operar e conservar os equipamentos. É sabido que, técnicos bem treinados e com experiência naquilo que faz, desenvolvem suas atividades comprometidos e asseguram com consciência os resultados de uma medição.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa baseou-se em um estudo de caso para o estabelecimento e aplicação de um método que consiste na determinação dos limites/períodos de intervenção e adequar tecnicamente estes intervalos de manutenção dos instrumentos na UTPF – Unidade de Tratamento e Processamento de Fluidos – UPGN na Petrobras – Atalaia. Para Gil (2002, p. 58) o estudo de caso é caracterizado pela investigação detalhada dos conhecimentos abordados. Por tanto é um estudo amplo que permite ter ciência do objeto pesquisado (YIN, 2003, p. 12).

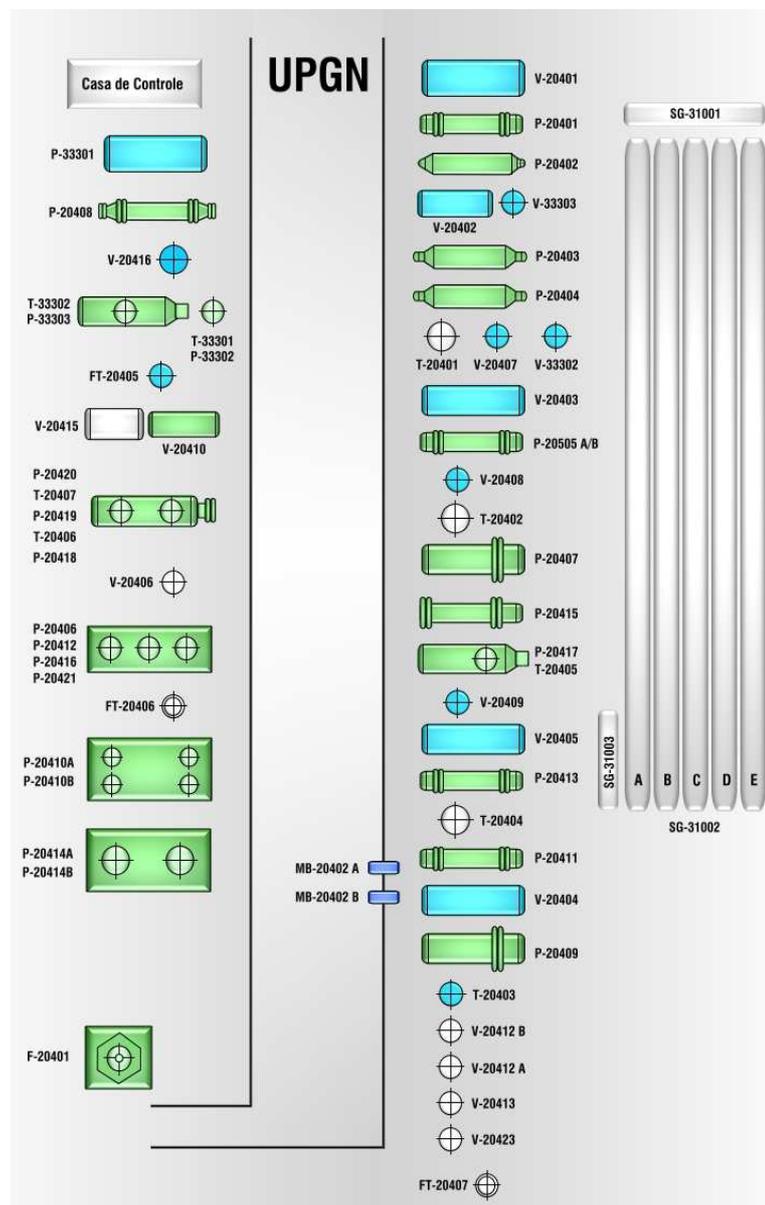
Para execução da pesquisa foi utilizada a abordagem quantitativa para coleta dados, considerando os históricos de manutenção, bem como à análise e interpretação dos dados obtidos através de certificados. Assim para Richardson (1999, p.70) este método garante a precisão dos resultados, evitando distorções de análise e interpretação. Neste sentido, foram desenvolvidas quantificações e coletas de dados no período de 2006 a 2010.

Ressalta-se que este período é considerável pois o Método de Schumacher consiste na utilização de conceitos e tabelas que relacionam o comportamento do instrumento em calibrações anteriores e o seu intervalo de calibrações futuras. Neste sentido este fato nos proporciona a coleta de fenômenos de uma forma muito mais ampla do que a pesquisa feita diretamente (GIL, 1999, p. 50).

Após a coleta, foi feita a aplicação e construção de gráficos, no sentido de tornar mais evidente as intenções. Pôde-se também evidenciar e analisar o comportamento das variáveis dos instrumentos, bem como seu desempenho ao longo do período de estudo, e as causas que contribuíram para a configuração da situação que fora analisada. Os dados coletados, provenientes das intervenções nas manutenções preventivas, foram registrados nos certificados de calibração dos instrumentos, assim como as interpretações dos acontecimentos diários.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

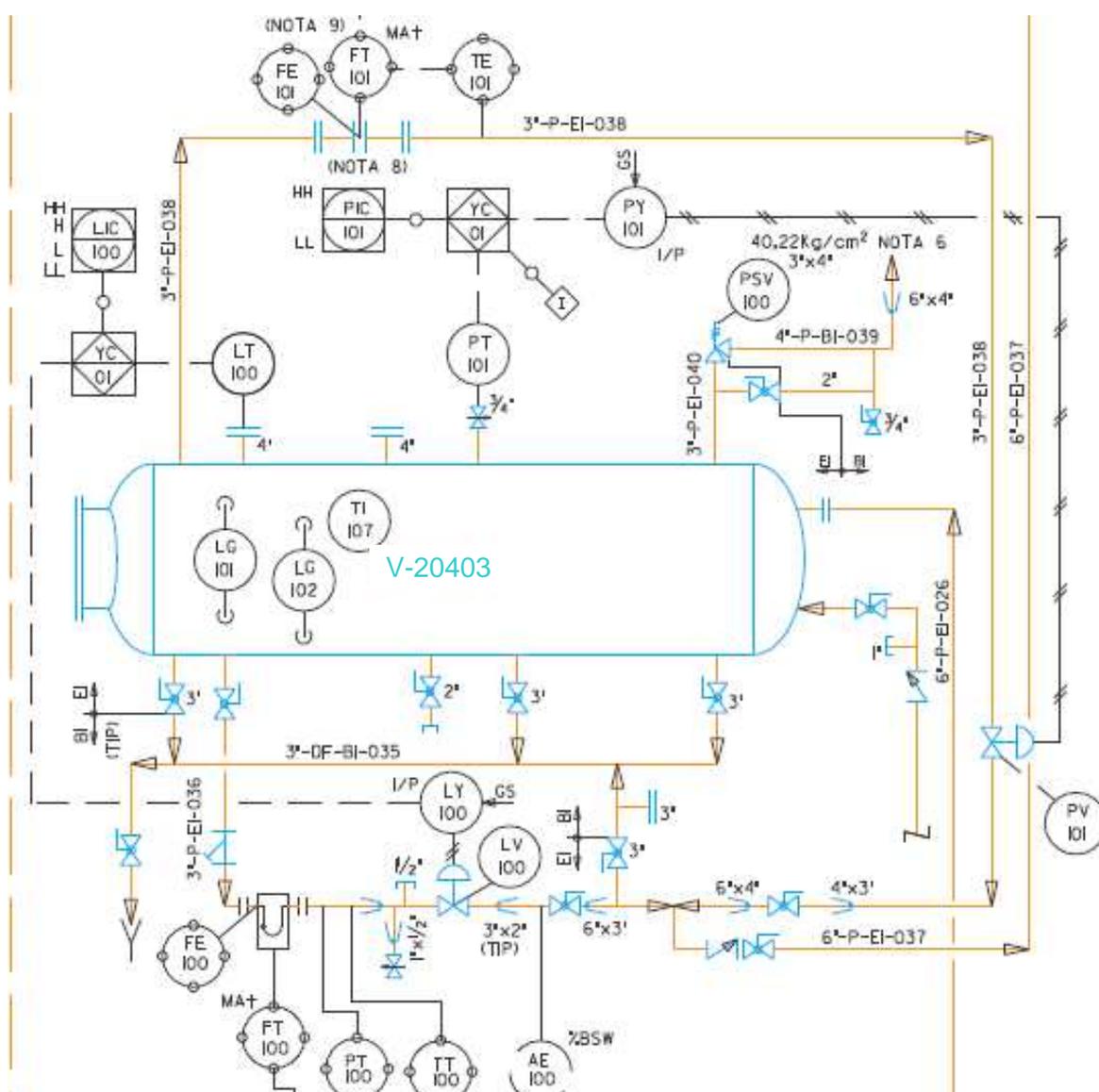
No primeiro momento, dar-se uma visão geral dos equipamentos e sistemas – Vasos (V), Torres (T), Permutadores (P), Separadores (SG), Filtros (FT) e Forno (F), da UPGN – Unidade de Processamento de Gás Natural, como mostra Figura 10.



Fonte: Petrobras

Figura 10 - Vista da UPGN - Atalaia

São nestes equipamentos que encontram-se os instrumentos que monitoram as entradas, as saídas, assim como a pressão, temperatura, nível, fluxo, densidades dos diversos fluidos do sistema. Estes instrumentos dão aos operadores a situação do processo em cada equipamento. No sistema, o conjunto completo de instrumentos de medição e outros equipamentos acoplados para executar uma medição específica, denomina-se Sistema de Medição, como mostra Figura 11.



Fonte: Petrobras

Figura 11 - Fluxograma de engenharia – instrumentação

4.1 Intervalo de Manutenção

Em virtude da grande variedade de instrumentos que possui a planta da UPGN, fora feito uma análise de três instrumentos específicos que são eles: transmissores de Pressão (PT), Temperatura (TT) e Vazão (FT). No atual plano de manutenção da unidade, estes instrumentos sofrem manutenções de forma cíclica – períodos de 1 (um) ano – 365 dias – a contar da data que fora feito o cadastro do instrumento no plano de manutenção. Ou quando os clientes – Operação –, detectam alguma anormalidade em suas características e fazem a solicitação para a equipe de manutenção resolver o problema.

A frequência da calibração deve ser estabelecida em um procedimento, sendo o critério escolhido por meio de uma série de fatores (ISO 10012, p. 9), tais como:

- Tipo de instrumento e periodicidade estabelecida pelo fabricante (geralmente os fabricantes dão garantia sobre o instrumento de 12 meses);
- Análise da tendência conforme os dados das calibrações anteriores;
- Histórico de uso e manutenções;
- Comparação com a periodicidade de equipamentos similares;
- Exatidão da medida.

Cada organização estabelece seus próprios critérios para os ajustes de intervalos de calibração. A periodicidade anual (365 dias) de nossos instrumentos deu-se pela comparação do ciclo de equipamentos semelhantes que foram removidos da área para instalação dos atuais, pela vivência dos técnicos e conforme período de garantia estabelecido pelo fabricante.

4.2 Análise dos Instrumentos

Nesta etapa, faremos uma análise de cada instrumento e em cada intervalo de manutenção. Para cada calibração analisa-se por completo todo instrumento. Estes transmissores são dispositivos eletrônicos que através de sensores – resistivos, capacitivos, indutivos e etc, convertem as variáveis pressão, temperatura, vazão em um sinal padrão de corrente (4 a 20 mA) para ser transmitido a uma estação que supervisiona todo o processo – sala de controle.

4.2.1 Transmissor de pressão

O transmissor de pressão mede a pressão do processo à qual está ligado através de um elemento sensor – silício ressonante. Este sensor, encontra-se sobre um diafragma que está em contato direto com o meio medido e à medida que a pressão varia, o diafragma é pressionado proporcionalmente. Assim, um sinal padrão (4 a 20 mA) proporcional ao que está sendo medido no processo é gerado. Ver instrumento conforme mostra a Figura 12.



Fonte: Yokogawa (2001)

Figura 12 - Transmissor de pressão

De acordo com o manual do fabricante do instrumento, segue na Tabela 3 as especificações do transmissor:

Tabela 3 - Especificações do transmissor de pressão

Tag (*)	PT-20411
Fabricante	Yokogawa
Modelo	EJA430A
Faixa - Span	-1,0 a 140 kgf/cm ²
Range (**)	0 a 45 kgf/cm ²
Saída	4 a 20 mA
Precisão	± 0,065%

Fonte: Manual do Fabricante – Yokogawa Electric Corporation

(*) Definido de acordo com a identificação da área que o mesmo for instalado.

(**) O range do instrumento é definido de acordo com a aplicação no processo.

No recebimento do transmissor, na sua primeira calibração, como mostra a Figura 13, o instrumento apresentou sinais dentro dos valores requeridos de acordo com as incertezas aplicadas nos certificados.

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
TAG:	PT-20411		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA430A		SERIE / SAP:	518665
LOCAL:	T-20401		TEMPERATURA (°C)	23		UMIDADE (%)	55			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %		
0,0 a 45,0 kgf/cm²								0,5		
CALIBRAÇÃO DE PRESSÃO										
VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS			
%	ENTRADA kgf/cm²	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO				
0	0,0	4,0	4,01	4,02	3,90	4,10	APROVADO			
25	11,3	8,0	8,02	8,00	7,90	8,10	APROVADO			
50	22,5	12,0	11,98	12,01	11,90	12,10	APROVADO			
75	33,8	16,0	16,01	15,99	15,90	16,10	APROVADO			
100	45,0	20,0	19,99	19,99	19,90	20,10	APROVADO			
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
PRESSÃO	FLUKE	CP-FLK-01	2751/2005	8480035	MEC-Q	14/12/2006	0,015			
CORRENTE	FLUKE	CP-FLK-01	2751/2005	8480035	MEC-Q	14/12/2006	0,002			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c										
EXECUTANTE: EMERSON										
MATRÍCULA: 276 DATA: 11/09/2006										
ASSINATURA E CARIMBO										

Fonte: Petrobras

Figura 13 - Certificado de calibração (PT) 2006

Daí em diante manteve-se constante as variáveis, como mostra a Figura 14 e a Figura 15. Com relação ao método de Schumacher o mesmo está em conformidade (C), atendendo aos critérios estabelecidos.

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO									
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR									
TAG:	PT-20411		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA430A	SERIE / SAP:	518665
LOCAL:	T-20401		TEMPERATURA (°C)	21		UMIDADE (%)	48		
FAIXA DE CALIBRAÇÃO							EXATIDÃO %		
0,0 a 45,0 kgf/cm ²							0,5		
CALIBRAÇÃO DE PRESSÃO									
%	VALOR DE REFERÊNCIA		VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
	ENTRADA kgf/cm ²	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0	4,0	4,01	4,02	3,91	4,09	APROVADO		
25	11,3	8,0	8,00	8,01	7,91	8,09	APROVADO		
50	22,5	12,0	12,01	11,98	11,91	12,09	APROVADO		
75	33,8	16,0	16,02	16,01	15,91	16,09	APROVADO		
100	45,0	20,0	20,00	20,01	19,91	20,09	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS									
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA		
PRESSÃO	PRESYS	CP-PSYS-01	R0352.04.07	081.04.07	PRESYS	04/04/2008	0,014		
CORRENTE	PRESYS	CP-PSYS-01	R0352.04.07	081.04.07	PRESYS	04/04/2008	0,0021		
OBS:									
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c c									
EXECUTANTE: EMERSON									
MATRÍCULA: 276 DATA: 22/08/2007									
ASSINATURA E CARIMBO									

Fonte: Petrobras

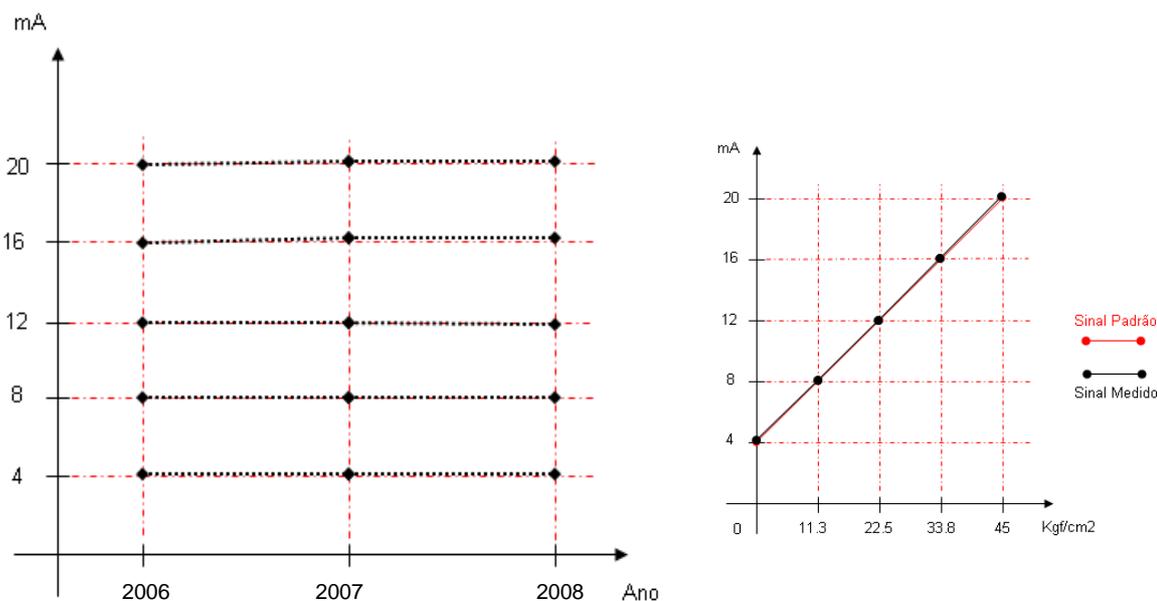
Figura 14 - Certificado de calibração (PT) 2007

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO									
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR									
TAG:	PT-20411		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA430A	SERIE / SAP:	518665
LOCAL:	T-20401		TEMPERATURA (°C)	24		UMIDADE (%)	56		
FAIXA DE CALIBRAÇÃO							EXATIDÃO %		
0,0 a 45,0 kgf/cm ²							0,5		
CALIBRAÇÃO DE PRESSÃO									
%	VALOR DE REFERÊNCIA		VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
	ENTRADA kgf/cm ²	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0	4,0	4,02	4,01	3,91	4,09	APROVADO		
25	11,3	8,0	8,03	8,02	7,91	8,09	APROVADO		
50	22,5	12,0	11,99	12,02	11,91	12,09	APROVADO		
75	33,8	16,0	15,99	16,01	15,91	16,09	APROVADO		
100	45,0	20,0	20,02	20,01	19,91	20,09	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS									
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA		
PRESSÃO	PRESYS	CP-PSYS-01	1037/2008	081.04.07	MEC-Q	30/04/2009	0,0004		
CORRENTE	PRESYS	CP-PSYS-01	1037/2008	081.04.07	MEC-Q	05/05/2009	0,006		
OBS:									
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c c c									
EXECUTANTE: EMERSON									
MATRÍCULA: 276 DATA: 13/08/2008									
ASSINATURA E CARIMBO									

Fonte: Petrobras

Figura 15 - Certificado de calibração (PT) 2008

De acordo com o acompanhamento das calibrações anuais, verificou-se que os pontos (0, 25, 50, 75 e 100%), foram mantidos dentro dos padrões requeridos. Fazendo-se uma análise da saída do sinal do instrumento, como mostra o Gráfico 1, a estabilidade é muito bem visível ao longo dos anos, ou seja, a tecnologia empregada elimina a necessidade de se realizar calibrações constantes, aumentando assim a autonomia e a confiabilidade dos processos.



Fonte: o próprio autor

Gráfico 1 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do PT-20411

4.2.2 Transmissor de temperatura

O transmissor de temperatura, como mostra Figura 16, é um instrumento destinado a converter a temperatura do processo através de um sensor (PT100) em um sinal linear de corrente elétrica (4 a 20mA). Especificações tabela 4.



Fonte: Yokogawa (2008)

Figura 16 - Transmissor de temperatura

Tabela 4 - Especificações do Transmissor de temperatura

Tag (*)	TT-20405
Fabricante	Yokogawa
Modelo	YTA110
Faixa - Span	- 200 a 850 °C
Range (**)	-50 a 50 °C
Saída	4 a 20 mA
Precisão	± 0,1%

Fonte: Manual do Fabricante – Yokogawa Electric Corporation

(*) Definido de acordo com a identificação da área que o mesmo for instalado.

(**) O range do instrumento é definido de acordo com a aplicação no processo.

Acompanhando o instrumento através dos ciclos de calibração, como mostram as Figura 17, Figura 18 e Figura 19, observa-se que os desvios apresentados estão dentro das tolerâncias especificadas e aplicadas nos certificados.

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO									
ANEXO E - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR DE TEMPERATURA (COM SENSOR)									
TAG:	TT-20405	FABRICANTE:	YOKOGAWA	MODELO:	YTA110	SERIE / SAP:	541044		
LOCAL:	P-20402	TEMPERATURA (°C)	24	UMIDADE (%)	78				
FAIXA DE CALIBRAÇÃO							EXATIDÃO %		
-50,0 a 50,0 °C							0,8		
CALIBRAÇÃO DE TEMPERATURA									
VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA °C	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
25	-25,0	8,0	8,02	8,01	7,97	8,03	APROVADO		
50	0,0	12,0	12,01	12,02	11,97	12,03	APROVADO		
75	25,0	16,0	16,01	16,01	15,97	16,03	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS									
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	IP SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA		
GERAÇÃO TEMPERATURA	FLUKE	CT-FLK-01	1592/2006	8287102	MEC-Q	18/7/2007	0,1		
CORRENTE	FLUKE	CT-FLK-01	1592/2006	8287102	MEC-Q	17/7/2007	0,002		
OBS:									
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:			c						
EXECUTANTE: Iran Leandro									
MATRÍCULA: 187998-6			DATA: 9/8/2006		ASSINATURA E CARIMBO				

Fonte: Petrobras

Figura 17 - Certificado de calibração (TT) 2006

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO E - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR DE TEMPERATURA (COM SENSOR)										
TAG:	TT-20405		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	YTA110		SERIE / SAP:	541044
LOCAL:	P-20402		TEMPERATURA (°C)	26		UMIDADE (%)	65			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %		
-50,0		a		50,0		°C		0,8		
CALIBRAÇÃO DE TEMPERATURA										
VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS			
%	ENTRADA °C	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO				
25	-25,0	8,0	8,01	8,00	7,93	8,07	APROVADO			
50	0,0	12,0	12,00	12,01	11,93	12,07	APROVADO			
75	25,0	16,0	16,02	15,99	15,93	16,07	APROVADO			
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
GERAÇÃO TEMPERATURA	FLUKE	CT-FLK-01	2186/2007	8287102	MEC-G	4/8/2008	0,06			
CORRENTE	FLUKE	CT-FLK-01	2186/2007	8287102	MEC-G	4/8/2008	0,006			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:				c		c				
EXECUTANTE: Iran Leandro										
MATRÍCULA: 187998-6				DATA: 5/7/2007		ASSINATURA E CARIMBO				

Fonte: Petrobras

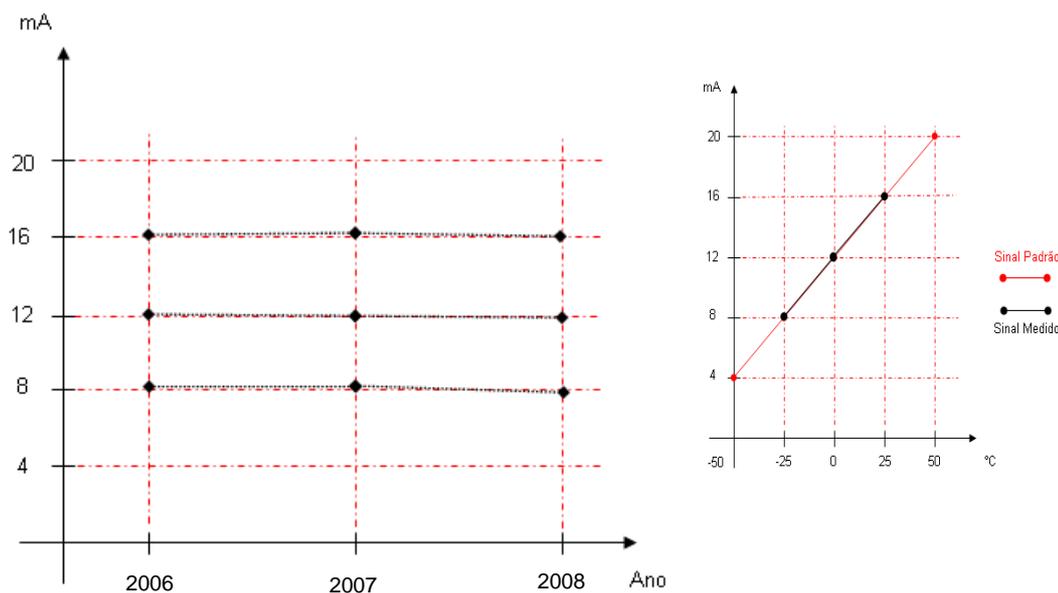
Figura 18 - Certificado de calibração (TT) 2007

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO E - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR DE TEMPERATURA (COM SENSOR)										
TAG:	TT-20405		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	YTA110		SERIE / SAP:	541044
LOCAL:	P-20402		TEMPERATURA (°C)	22		UMIDADE (%)	55			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %		
-50,0		a		50,0		°C		0,8		
CALIBRAÇÃO DE TEMPERATURA										
VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS			
%	ENTRADA °C	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO				
25	-25,0	8,0	7,98	7,99	7,90	8,10	APROVADO			
50	0,0	12,0	11,99	11,99	11,90	12,10	APROVADO			
75	25,0	16,0	16,00	16,01	15,90	16,10	APROVADO			
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
GERAÇÃO TEMPERATURA	FORNO	F-03	RO613.03.08	405.03.08	PRESYS	14/3/2009	0,03			
CORRENTE	FORNO	F-03	RO613.03.08	405.03.08	PRESYS	14/3/2009	0,0021			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:				c		c		c		
EXECUTANTE: VIVIANE										
MATRÍCULA: 272				DATA: 15/7/2008		ASSINATURA E CARIMBO				

Fonte: Petrobras

Figura 19 - Certificado de calibração (TT) 2008

Salienta-se que uma boa equipe de manutenção contribui para o alcance da linearidade dos sinais transmitidos, portanto, o monitoramento constante das variáveis é primordial para este resultado, como mostra Gráfico 2.



Fonte: o próprio autor

Gráfico 2 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do TT-20405

4.2.3 Transmissor de fluxo (Vazão)

Este instrumento efetua a indicação de vazão instantânea, conforme Figura 20. Transmissor baseado em sensores capacitivos onde a pressão aplicada faz variar a frequência de um oscilador, calculando a vazão. Os fluidos que percorrem as linhas são totalizados por estes instrumentos com o auxílio de equipamentos e peças secundárias para o cálculo da vazão diária do trecho de medição. Tabela 5 mostra as especificações do instrumento.



Fonte: Yokogawa (2008)

Figura 20 - Transmissor de vazão

Tabela 5 - Especificações do transmissor de temperatura

Tag (*)	FT-20418A
Fabricante	Yokogawa
Modelo	EJA110A
Faixa – Span	- 400 a 400 "H ₂ O
Range (**)	0 a 250 "H ₂ O
Saída	4 a 20 mA
Precisão	± 0,065%

Fonte: Manual do Fabricante – Yokogawa Electric Corporation

(*) Definido de acordo com a identificação da área que o mesmo for instalado.

(**) O range do instrumento é definido de acordo com a aplicação no processo.

Observando-se as Figura 21, Figura 22 e Figura 23, o FT-20418A assim como os demais transmissores não apresentou desvios nos resultados, evidenciando como mostra Gráfico 3.

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO											
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR											
TAG:	FT-20418A		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA110A		SERIE / SAP:	541448	
LOCAL:	UPGN		TEMPERATURA (°C)	23		UMIDADE (%)	56				
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %			
	0,0	a	250,0	"H ₂ O					0,5		
CALIBRAÇÃO DE VAZÃO											
VALOR DE REFERÊNCIA				VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS			
%	ENTRADA "H ₂ O	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO					
0	0,0	4,0	4,01	4,01	3,94	4,06	APROVADO				
25	62,5	8,0	7,99	8,01	7,94	8,06	APROVADO				
50	125,0	12,0	12,02	11,99	11,94	12,06	APROVADO				
75	187,5	16,0	16,03	16,01	15,94	16,06	APROVADO				
100	250,0	20,0	20,02	20,01	19,94	20,06	APROVADO				
PADRÕES UTILIZADOS											
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA				
PRESSÃO	FLUKE	CP-FLK-01	2751/2005	8480035	MEC-Q	1/12/2006	0,021				
CORRENTE	FLUKE	CP-FLK-01	2751/2005	8480035	MEC-Q	14/12/2006	0,002				
OBS:											
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c											
EXECUTANTE:	EMERSON FRITZ										
MATRÍCULA:	276	DATA:	13/9/2006								
ASSINATURA E CARIMBO											

Fonte: Petrobras

Figura 21 - Certificado de calibração (FT) 2006

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
TAG:	FT-20418A		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA110A		SERIE / SAP:	541448
LOCAL:	UPGN		TEMPERATURA (°C):	21		UMIDADE (%):	44			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %		
0,0		a		250,0		"H2O		0,5		
CALIBRAÇÃO DE VAZÃO										
%	VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
	ENTRADA	"H2O	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0		4,0	4,00	4,01	3,92	4,08	APROVADO		
25	62,5		8,0	7,97	7,99	7,92	8,08	APROVADO		
50	125,0		12,0	11,99	12,02	11,92	12,08	APROVADO		
75	187,5		16,0	15,99	16,01	15,92	16,08	APROVADO		
100	250,0		20,0	19,98	20,00	19,92	20,08	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	IP SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
PRESSÃO	PRESYS	CP-PSYS-01	R0352.04.07	081.04.07	PRESYS	4/4/2008	0,0013			
CORRENTE	PRESYS	CP-PSYS-01	R0351.04.07	081.04.07	PRESYS	4/4/2008	0,002			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c c										
EXECUTANTE: EMERSON FRITZ										
MATRÍCULA: 276 DATA: 31/8/2007										
ASSINATURA E CARIMBO										

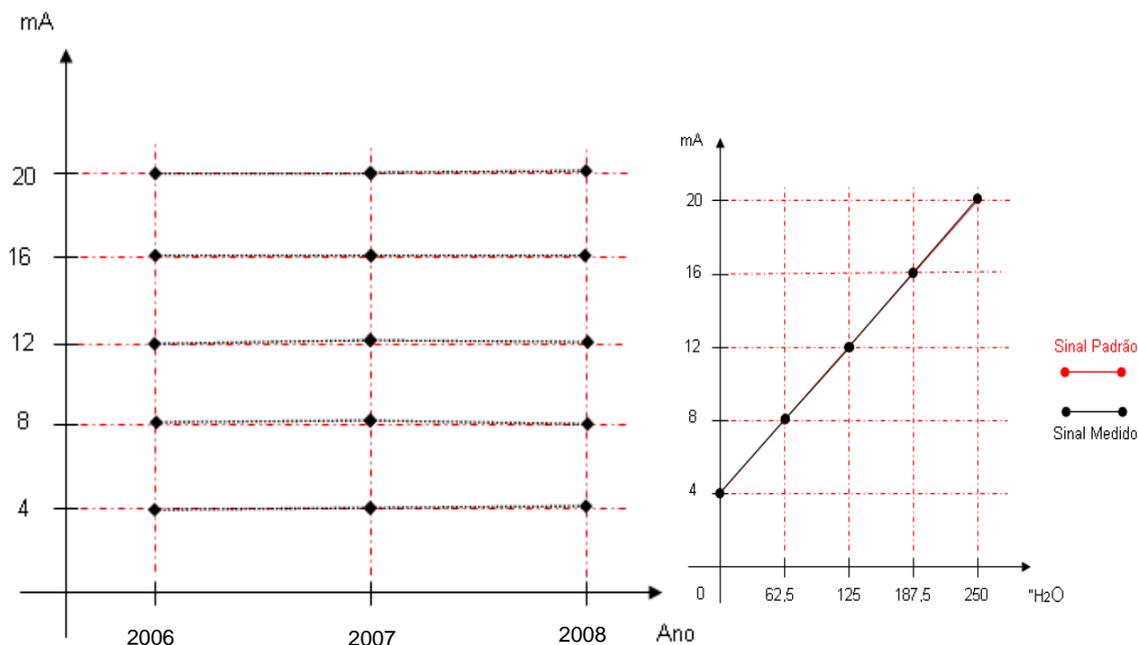
Fonte: Petrobras

Figura 22 - Certificado de calibração (FT) 2007

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
TAG:	FT-20418A		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA110A		SERIE / SAP:	541448
LOCAL:	UPGN		TEMPERATURA (°C):	22		UMIDADE (%):	48			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								EXATIDÃO %		
0,0		a		250,0		"H2O		0,5		
CALIBRAÇÃO DE VAZÃO										
%	VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
	ENTRADA	"H2O	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0		4,0	4,02	4,01	3,94	4,06	APROVADO		
25	62,5		8,0	8,03	8,02	7,94	8,06	APROVADO		
50	125,0		12,0	12,01	12,01	11,94	12,06	APROVADO		
75	187,5		16,0	16,02	16,00	15,94	16,06	APROVADO		
100	250,0		20,0	20,03	20,01	19,94	20,06	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	IP SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
PRESSÃO	PRESYS	CP-PSYS-01	1037/2008	081.04.07	MEC-Q	30/4/2009	0,004			
CORRENTE	PRESYS	CP-PSYS-01	1037/2008	081.04.07	MEC-Q	30/4/2009	0,02			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER: c c c										
EXECUTANTE: EMERSON FRITZ										
MATRÍCULA: 276 DATA: 11/8/2008										
ASSINATURA E CARIMBO										

Fonte: Petrobras

Figura 23 - Certificado de calibração (FT) 2008



Fonte: o próprio autor

Gráfico 3 - Acompanhamento do sinal de saída (mA) do FT-20418A

Pelos os estudos realizados, verificou-se que a cada calibração os instrumentos mantiveram a linearidade no sinal gerado, assim o método aplicado nos recomenda o aumento do intervalo de calibrações, diminuindo os custos com as intervenções e mantendo boa margem de segurança.

4.3 Resultados

O método de Schumacher consiste na verificação do comportamento do instrumento a ser recebido para calibração e sua posterior classificação, levando-se em consideração o registro histórico. Como observamos na Tabela 6, as informações obtidas nos certificados de calibração e o acompanhamento constante, conseguimos a condição Conforme (C) para todos os transmissores. Nesta condição evidenciada no método, sugere-se estender (E) os intervalos.

Os resultados de uma calibração destinam-se obter as características metrológicas do instrumento e visa determinar ainda se nas condições em que foi calibrado está em conformidade. É na calibração que o procedimento de garantia da confiabilidade metrológica de um instrumento é confirmado. A correta interpretação e aplicação dos resultados obtidos (erros e incerteza) devem ser muito bem aplicados, pois a não utilização desses resultados pode comprometer o processo produtivo.

Tabela 6 - Comportamento dos Transmissores através de Schumacher – decisão a ser tomada

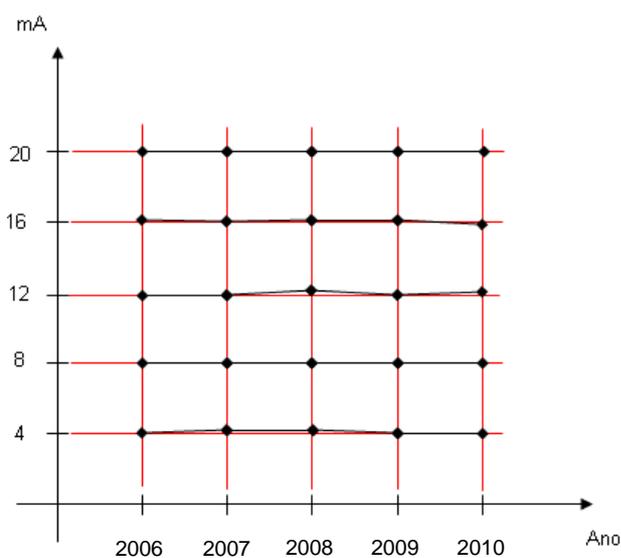
	Ano	Calibrações Anteriores	Condições de Recebimento		
			A	F	C
PT 20411	2006	C	-	-	E
	2007	CC	-	-	E
	2008	CCC	-	-	E
TT 20405	2006	C	-	-	E
	2007	CC	-	-	E
	2008	CCC	-	-	E
FT 20418A	2006	C	-	-	E
	2007	CC	-	-	E
	2008	CCC	-	-	E

A	AVARIA
F	FORA
C	CONFORME

Fonte: o próprio autor

A calibração é uma atividade fundamental que se efetuada a intervalos de tempo criteriosamente definidos, pode-se garantir confiabilidade dos resultados medidos. Pode-se também proporcionar o desenvolvimento de uma equipe de manutenção especializada para intervenções sempre que for necessário.

Com o objetivo da maximização dos intervalos entre as calibrações, além dos anos de 2006, 2007 e 2008 estudados, fizemos também coletas dos resultados de 2009 e 2010 (Anexo A). Assim, no histórico dos instrumentos nota-se uma seqüência de Conformidades (C), indicando que a periodicidade de calibrações pode ser aumentada. O Gráfico 4 – valores médios – mostra-nos o comportamento da variável (corrente – mA) monitorada ao longo dos cinco anos.



Fonte: o próprio autor

Gráfico 4 - Acompanhamento dos transmissores (2006 a 2010)

Tabela 7 - Intervalos sugeridos do método de Schumacher

Intervalo atual (dias)	Intervalos sugeridos (dias)			
	D	E	M	
35	28	49	28	
70	63	91	42	
105	98	126	63	
140	126	168	91	
175	161	203	112	
210	189	245	140	
245	224	280	161	
280	252	315	175	D DIMINUIR
315	287	343	182	E AUMENTAR
350	315	364	189	M MÁXIMA REDUÇÃO

Fonte: adaptado de Lira (2007)

A execução de calibração é uma atividade onerosa que normalmente demanda tempo, exige pessoal qualificado e reduz a disponibilidade do instrumento no processo operacional. Nesse sentido, o perfeito entendimento dos objetivos da calibração e da aplicação de seus resultados é essencial. Aumentando-se os intervalos de intervenção, como mostra as Tabela 7 e Tabela 8, a equipe terá que se dedicar ao monitoramento a intervalos pré-estabelecidos, com registros de todos os acontecimentos e de prontidão para correções das anormalidades que aconteçam nos equipamentos na área.

Tabela 8 - Maximização dos intervalos sugeridos em Schumacher

Intervalo atual (dias)	Intervalos Possíveis (dias)			
	D	E	M	
364	337	434	337	
434	399	501	378	
504	461	572	411	
574	522	643	436	D DIMINUIR
644	583	713	454	E AUMENTAR
714	643	728	464	M MÁXIMA REDUÇÃO

Fonte: o próprio autor

Analisando a Tabela 8 – maximização sugerida, a mesma foi calculada com base na tabela 7 e nos registros dos certificados dos instrumentos, atentando sempre para as análises a cada calibração executada. Assim, os percentuais são variáveis em função da atual periodicidade. Com o intervalo atual de 365 dias o aumento (E) desse intervalo será de 20%, a redução normal (D) e a redução máxima (M) de 7,5%. Já com a frequência 714 dias o aumento (E) será de 2%, a redução normal (D) de 10% e a redução máxima (M) de 35%. Estes percentuais podem variar de acordo a análise histórica do comportamento de cada instrumento a ser verificado ao longo de sua vida útil. Portanto o período de intervenção passará de 365 para 730 dias com base no que mostra os certificados e o acompanhamento das variáveis de saída dos instrumentos.

5 CONCLUSÃO

Nos dias atuais, a busca pela melhoria continua nas organizações é uma constante em virtude da grande demanda que o mercado consumidor esta exigindo. Por sua vez, exige-se da manutenção o compromisso de manter os processos em plena produção com a garantia da confiabilidade dos sistemas, para atender aos clientes.

O método proposto – Método de Schumacher –, utiliza-se de ferramentas de monitoramento como estabilidade, incerteza de medição, etc., para identificar e buscar por ações de ajuste de forma preventiva, antes que possíveis erros de medição possam ocorrer. Assim, conhecendo-se os intervalos através da aplicação da ferramenta, analisa-se todos os acontecimentos do período e registra-se através dos certificados estudados. Por sua vez, com registros dos acontecimentos estende-se ou não os intervalos de calibração considerando sempre uma boa margem de segurança.

Diante de todo apanhado ao longo do período – 2006 a 2010, verificou-se que os instrumentos PT-20411, TT-20405 e FT-20418A, com periodicidade atual de 365 dias, propomos a maximização (E) do plano de manutenção para 730 dias (2 anos), isso em virtude das análises e acompanhamento ao longo dos anos. Os resultados obtidos nos certificados de calibração e os gráficos apresentados dão esta possibilidade. Com relação à periodicidade sugerida, a mesma é consequência das avaliações e da linearidade apresentada pelos instrumentos de medição.

Salienta-se que o cálculo da nova periodicidade identificada nas tabelas são frutos da aplicação do método de Schumacher que constitui uma ótima ferramenta para ajudar a assegurar que o instrumento de medição não sofreu deterioração na sua exatidão e que uma boa equipe de manutenção torna os resultados uma realidade, pois, a integração entre a escolha de uma boa tecnologia, equipamentos precisos em seus resultados e o desenvolvimento de bons colaboradores – capacitação, fazem a diferença numa análise técnica em uma indústria petrolífera.

Conclui-se que as análises, os possíveis cálculos das periodicidades e a maximização dos intervalos de manutenção em instrumentos de medição é uma decisão delicada, depende intimamente das verificações históricas e da situação atual, da interpretação e aplicação correta dos resultados obtidos nas calibrações.

Outro aspecto a ressaltar é o monitoramento realizado ao longo do tempo proposto pela maximização, ou seja, pelo novo período fixado no plano de manutenção. Portanto, como mostra o presente trabalho os objetivos reverenciados foram atingidos.

GLOSSÁRIO

Benchmark - Expressão do inglês que pode ser traduzida por “ponto de referência” ou “termo de comparação”. No vocabulário financeiro, benchmark é um indicador usado para comparar o desempenho de um investimento.

Corrente Elétrica - A corrente elétrica é um fluxo de elétrons que circula por um condutor quando entre suas extremidades houver uma diferença de potencial.

Calibração - Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

Exatidão - Grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando. Aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro.

Incerteza - Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando.

Precisão - É o grau de variação dos resultados de uma medição.

Range - Faixa de indicação que se pode obter em uma posição específica dos controles de um instrumento de medição.

Sensor - Elemento de um instrumento de medição ou de uma cadeia de medição que é diretamente afetado pelo mensurando.

Span (Faixa) - Diferença, em módulo, entre os dois limites de uma faixa nominal.

Tag - é um código alfanumérico, cuja finalidade é a de identificar equipamentos ou instrumentos, dentro de uma planta de processos. É também a identificação física de um instrumento ou equipamento. Por meio deste podemos localizar onde o instrumento/equipamento esta instalado, se há painel, se instalado no campo ou numa sala de controle, se faz parte de uma tela de supervisorio e etc.

Tolerância - é um termo que define o grau de aceitação diante de um elemento contrário a uma regra, ou seja, é margem de erro aceitavel por um instrumento.

Vazão – Vazão é a quantidade em volume e/ou massa de fluido que atravessa uma dada seção do escoamento por unidade de tempo.

REFERÊNCIAS

ADAMATTI, Gilberto A. **Curso de PCM de Rotina**. Universidade Petrobras – Escola de Ciências e Tecnologias – ABAST, Novembro, 2006.

A História da Manutenção. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/7200224/maicalibracao>. Acessado em 10 mar. 2011.

ALMEIDA, A. T. et al. **Gestão da manutenção na direção da competitividade**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES, Mário Ferreira. **ABC da Metrologia Industrial**. 2º ed. - Portugal. Departamento de Eng. Eletrotécnica. Março 2003.

AZEVEDO, Andressa A. de. **Otimização da Manutenção Preventiva em Linhas de Montagem**: Estudo de Caso em uma Empresa de Manufatura Contratada do Setor Eletroeletrônico. Dissertação de Pós-Graduação em Eng. de Produção. Belo Horizonte, 2007. UFMG.

Calibração. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Calibra%C3%A7%C3%A3o>. Acessado em 05 abr. 2011.

CAMARGO, Vanessa A, et al. **Determinação de Periodicidade de Calibração de Instrumentos de Medição de um Laboratório de Ensaios de Equipamentos Eletromédicos**. ENQUALAB – São Paulo, 2008.

FLORES, Joubert, et al. **Gestão Estratégica e Indicadores de desempenho**, ABRAMAN – Quality Mark, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

____. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRUPPI, Glauco Fernandes. **Estrutura de Manut. Na Indús. Automobilística: uma análise comparativa dos mod. Especialista e generalista**. Dissertação apresentada ao Curso de Gestão da UFF, para obtenção do Grau de Mestre Niterói RJ, 2006.

INSTRUMENTAÇÃO. Disponível em: <http://www.instrumentacao.com/historico.html>. acessado em 15 de abr. 2011.

ISO-9001. **Sistemas de gestão da qualidade** – Requisitos. PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR ISO 9001. OUTUBRO:2008.

ISO-17025. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração**. ABNT NBR ISO/IEC17025. Outubro: 2005.

ISO-10012. **Sistema de gestão de medição** – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição. ABNT NBR ISO 10012, Maio: 2004.

KARDEC, Alan e RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, Abraman – 2002.

LAFRAIA, João R. Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.

LINK, Walter. **Tópicos Avançados da Metrologia Mecânica: Confiabilidade Metrológica e suas Aplicações** – IPT – Mitutoyo- EMIC - 2000.

LIRA, Francisco Adval de. **Metrologia na Indústria**. 6ª ed. São Paulo: Érica, 2007.

NOVASKI, Olívio; FRANCO, Samuel Mendes. **Comparação entre Métodos para Estabelecimento e Ajuste de Intervalos de Calibração**. Sociedade Brasileira de Metrologia - Metrologia 2000 – São Paulo.

PINTO, A. K., XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

REIS, Luiz Otávio R., ANDRADE, Jairo J. de Oliveira. **Análise de Falhas e da Posição na Curva da Banheira de Moldes Empregados em Equipamentos de Injeção**. XXIX ENEGEP. Salvador. ABEPRO, 2009.

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

SANTOS, Wagner B. dos, et al. **Gestão da Produção**. São Carlos, v. 14, n. 1, p. 193-202, Jan. – Abr 2007.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implantação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

THEISS, Roger. **Protótipo de um Sistema de Manutenção Preventiva**. Dissertação de Graduação em Sistema de Informação. Rio do Sul, 2004. UNIDAVI.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro. Editora: Qualitymark, 2002.

VIM, **Vocabulário Internacional de Metrologia: Termos Fundamentais e Gerais**, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO Portaria INMETRO nº 029, de 10 de março de 1995.

XENOS, Harilaus G. d'Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e método**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

YOKOGAWA. Electric Corporation. Model EJA430A - Gauge Pressure Transmitters - Instruction Manual, 11th Edition, 2001.

YOKOGAWA. Electric Corporation. Model YT110 - Temperature Transmitters - Instruction Manual, 17th Edition, 2008.

YOKOGAWA. Electric Corporation. Model EJA110A - Differential Pressure Transmitters - Instruction Manual, 11th Edition, 2008.

ANEXOS

ANEXO A - Certificados de Calibração Petrobras de 2009 a 2010

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO									
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR									
TAG:	PT-20411	FABRICANTE:	YOKOGAWA	MODELO:	EJA430A	SERIE / SAP:	518665		
LOCAL:	T-20401	TEMPERATURA (°C)	24	UMIDADE (%)	49				
FAIXA DE CALIBRAÇÃO					EXATIDÃO %				
	0,0	a	45,0	kgf/cm ²	0,5				
CALIBRAÇÃO DE PRESSÃO									
VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA kgf/cm ²	SAÍDA mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0	4,0	4,00	4,00	3,90	4,10	APROVADO		
25	11,3	8,0	7,98	7,98	7,90	8,10	APROVADO		
50	22,5	12,0	11,98	11,98	11,90	12,10	APROVADO		
75	33,8	16,0	15,97	15,98	15,90	16,10	APROVADO		
100	45,0	20,0	19,98	19,95	19,90	20,10	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS									
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	II° SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA		
PRESSÃO ESTÁTICA	PRESYS	CP-PSYS-01	2124/2009	081.04.07	MEC-Q	23/9/2010	0,001		
CORRENTE	PRESYS	CP-PSYS-01	2124/2009	081.04.07	MEC-Q	23/9/2010	0,018		
OBS:									
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:				C	C	C			
EXECUTANTE:	Iran Leandro								
MATRÍCULA:	187998-6	DATA:	17/9/2009						
ASSINATURA E CARIMBO									

 PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MIPF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° 2007014270										
TAG:	PT-20411		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA430A		SERIE / SAP:	518665
LOCAL:	T-20401		TEMPERATURA (°C)	22		UMIDADE (%)	45			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								PRECISÃO %		
	0,0	a	45,0	kgf/cm ²				0,5		
CALIBRAÇÃO										
VALOR DE REFERÊNCIA				VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA kgf/cm ²	SAÍDA	mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO			
0	0,0	4,0		3,99	3,99	3,92	4,08	APROVADO		
25	11,3	8,0		8,00	8,00	7,92	8,08	APROVADO		
50	22,5	12,0		11,99	11,99	11,92	12,08	APROVADO		
75	33,8	16,0		15,99	15,99	15,92	16,08	APROVADO		
100	45,0	20,0		19,98	19,97	19,92	20,08	APROVADO		
PADRÕES UTILIZADOS										
INSTRUMENTO	TIPO	TAG	CERTIFICADO	Nº SAP	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
CALIBRADOR	Pressão	CP-PSYS-01	CP1376/2010		PETROBRAS	17/11/2011	0,0154			
CALIBRADOR	Corrente	CP-PSYS-01	CE1672/2010		PETROBRAS	9/11/2011	0,0027			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:										
		C	C	C						
EXECUTANTE:	Viviane									
MATRÍCULA:	272		DATA:	11/11/2010						
ASSINATURA E CARIMBO										

 PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO E - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR DE TEMPERATURA										
(COM SENSOR)										
TAG:	TT-20405		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	YTA110		SERIE / SAP:	C2E407125
LOCAL:	REFLUXO T-20403		TEMPERATURA (°C)	23		UMIDADE (%)	46			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO							EXATIDÃO %			
-50,0		a		50,0		°C		0,8		
CALIBRAÇÃO DE TEMPERATURA										
VALOR DE REFERÊNCIA				VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA	°C	SAÍDA	mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO		
25	-25,0		8,0		7,96	7,96	7,90	8,10	APROVADO	
50	0,0		12,0		11,95	11,95	11,90	12,10	APROVADO	
75	25,0		16,0		15,94	15,94	15,90	16,10	APROVADO	
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
GERAÇÃO TEMPERATURA	CALIBRADOR	TE-01	2754/2008	374034	MEC-Q	30/10/2009	0,03			
MEDIÇÃO DE CORRENTE	CALIBRADOR	FORNO-02	69/2009	193.12.03	PRESYS	30/4/2010	0,0016			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:										
				C	C	C				
EXECUTANTE:	VIVIANE									
MATRÍCULA:	272		DATA:	1/7/2009						
ASSINATURA E CARIMBO										

 PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MIPF / INSTRUMENTAÇÃO												
ANEXO E - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR DE TEMPERATURA (COM SENSOR) CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº												
TAG:	TT-20405			FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	YTA110		SERIE / SAP:	541044	
LOCAL:	P-20402			TEMPERATURA (°C)	21		UMIDADE (%)	52				
FAIXA DE CALIBRAÇÃO										PRECISÃO %		
-50,0 a 50,0 °C										0,3		
CALIBRAÇÃO												
%	VALOR DE REFERÊNCIA			VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS				
	ENTRADA	°C	SAÍDA	mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO		MÁXIMO			
25	-25,0		8,0		7,95	7,95	7,93	8,07	APROVADO			
50	0,0		12,0		11,98	11,98	11,91	12,09	APROVADO			
75	25,0		16,0		16,02	16,02	15,90	16,10	APROVADO			
PADRÕES UTILIZADOS												
INSTRUMENTO	TIPO	TAG	CERTIFICADO	Nº SAP	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA					
GERAÇÃO TEMPERATURA	BANHO	FORNO-T25N	R11390/80	4050308	SOCINTEC	21/10/2010	0,25					
MEDIÇÃO TEMPERATURA	BANHO	FORNO-T25N	R11390/80	4050308	SOCINTEC	21/10/2010	0,2					
CORRENTE mA	BANHO	FORNO-T25N	R11390/80	4050308	SOCINTEC	21/10/2010	0,023					
OBS:												
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:		C	C	C								
EXECUTANTE:	JANISSON OLIVEIRA SANTOS											
MATRÍCULA:	274	DATA:	23/03/2010									
ASSINATURA E CARIMBO												

 PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MI-PF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
TAG:	FT-20418A		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA110A		SERIE / SAP:	541448
LOCAL:	SAIDA V-20401		TEMPERATURA (°C)	22		UMIDADE (%)	48			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO							EXATIDÃO %			
	0,0	a	250,0	"H2O			0,5			
CALIBRAÇÃO DE VAZÃO										
VALOR DE REFERÊNCIA				VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA	"H2O	SAÍDA	mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO		
0	0,0		4,0		4,00	4,00	3,92	4,08	APROVADO	
25	62,5		8,0		8,00	8,00	7,92	8,08	APROVADO	
50	125,0		12,0		12,00	12,00	11,92	12,08	APROVADO	
75	187,5		16,0		16,00	16,00	15,92	16,08	APROVADO	
100	250,0		20,0		20,00	20,00	19,92	20,08	APROVADO	
PADRÕES UTILIZADOS										
VARIÁVEL	INSTRUMENTO	TAG	CERTIFICADO	Nº SÉRIE	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA			
PRESSÃO	FLUKE	CP-PSYS-01	2124/2009	081.04.07	MEC-Q	23/10/2010	0,003			
CORRENTE	FLUKE	CP-PSYS-01	2124/2009	081.04.07	MEC-Q	23/10/2010	0,001			
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:										
			C	C	C					
EXECUTANTE:	VIVIANE									
MATRÍCULA:	272	DATA:	4/11/2009							
ASSINATURA E CARIMBO										

PETROBRAS / UN - SEAL / UTPF/MIPF / INSTRUMENTAÇÃO										
ANEXO C - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - TRANSMISSOR										
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 2007055011										
TAG:	FT-20418A		FABRICANTE:	YOKOGAWA		MODELO:	EJA110A-EMS4B		SERIE / SAP:	541448
LOCAL:	V-20401		TEMPERATURA (°C)	23		UMIDADE (%)	56			
FAIXA DE CALIBRAÇÃO								PRECISÃO %		
0,0		a		250,0		"H2O		0,5		
CALIBRAÇÃO										
VALOR DE REFERÊNCIA				VALOR MEDIDO (SAÍDA mA)		VALOR REQUERIDO		ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS		
%	ENTRADA	"H2O	SAÍDA	mA	RECEPÇÃO	ENTREGA	MÍNIMO	MÁXIMO		
0	0,0		4,0		4,00	4,00	3,92	4,08	APROVADO	
25	62,5		8,0		8,00	8,00	7,91	8,09	APROVADO	
50	125,0		12,0		12,00	12,00	11,91	12,09	APROVADO	
75	187,5		16,0		16,00	16,00	15,91	16,09	APROVADO	
100	250,0		20,0		20,00	20,00	19,91	20,09	APROVADO	
PADRÕES UTILIZADOS										
INSTRUMENTO		TIPO		TAG	CERTIFICADO	Nº SAP	ENTIDADE	VALIDADE	INCERTEZA	
CALIBRADOR		Pressão		CP-PSYS-02	R0917.03.10		PRESYS	31/3/2011	0,0664	
CALIBRADOR		Corrente		CP-PSYS-02	R0916.03.10		PRESYS	31/3/2011	0,0021	
OBS:										
CICLO(S) ANTERIOR (ES) - SCHUMACHER:										
			C		C		C			
EXECUTANTE:		Iran Leandro								
MATRÍCULA:		187998-6		DATA:		8/11/2010		ASSINATURA E CARIMBO		