

Revista e-Tec

02-2019

The cover features a large, vibrant cyan circle in the center, partially overlapping a yellow circle below it. Several thick, colorful brushstrokes in shades of purple, blue, red, and orange sweep across the upper half of the page. A solid cyan vertical bar runs along the right edge of the cover.

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

e-TEC

e-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

Edição ano 2019 – Londrina Paraná

Corpo Editorial

*Editor Chefe – Edição V2-2019
Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora*

*Comitê Executivo
Prof.^a Adriana Gisele Carvalho
Prof.^a Dra. Camila Fogaça de Oliveira
Prof. Dr. Rodolfo Alexandre Hildebrandt
Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora*

*Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina
ISSN: 2358-5528*

*Direitos reservados
Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina
Rua Belém, 844 – Londrina PR.
43 -3294-5100 – faculdade.londrina@sistemafiep.org.br*

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Editorial

A Revista “e-Tec” de Tecnologia e Ciência, da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina em sua segunda edição de 2019, apresenta aos leitores interessados conhecimentos que podem incrementar os seus estudos e projetos; considerando-se, as abordagens executadas pelos autores deste exemplar.

Destaca-se que, mesmo abordando temáticas diferenciadas, cada artigo revela, pelo autor, as preocupações em provocar questionamentos a fim de ampliar, aprofundar trazendo à tona as diversas questões estabelecidas. Os artigos ora publicados contribuem para a disseminação das informações produzidas pelos acadêmicos da Faculdade da Indústria SENAI Londrina; sendo desta forma caracterizada como veículo das informações das áreas que estão em sintonia com os cursos ofertados; e em harmonia com as linhas de pesquisa da Faculdade.

Esta edição também apresenta depoimentos de alunos egressos dos cursos da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Os Autores e o corpo executivo da Revista de Tecnologia SENAI Londrina agradecem o apoio e o envolvimento da comunidade acadêmica da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, que contribuiu de sobremaneira para a realização desta edição.

SUMÁRIO

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina atenta para as novas diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia!	5
VI° Simpósio do meio ambiente - 2019	7
A indústria brasileira e o cenário econômico atual: evolução e perspectivas	8
Processo de Implantação da Manutenção Preventiva em Equipamentos Industriais	20
A Manutenção Industrial na Indústria Moderna: uma revisão bibliográfica sobre a gestão da manutenção com os tipos aplicáveis e a indústria 4.0	33

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Sistema
Fiep

VI° Simpósio do Meio Ambiente

Local: Auditório SENAI Londrina

Horário: 19:00 - "Pensando coisas legais no FaSeTech"

19:30 - Mesa Redonda com os convidados especiais:

Luciana de Paiva Luquez / Gestora IPULL

Leila D. Martins / UTFPR

José Carlos / Secretário do Meio Ambiente em Tamarana Pr.

Glauber Soares Silva / Sandoz Novartis

Tema: Poluição do Ar!

Convite
Entrada franca
Data: 13/05



Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina atenta para as novas diretrizes curriculares para os cursos de Engenharia!

As Novas diretrizes curriculares para as Engenharias, foram instituídas pela resolução nº 2, de 24 de abril de 2019, que define entre outros pontos que o perfil do egresso do profissional de engenharia, deve compreender entre outras características, conforme o que estabelece em seu Art. 3º

I -Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;

II -Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;

III -Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;

IV -Adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

V -Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho.

VI -Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, que iniciou sua primeira turma do curso de Engenharia Elétrica no primeiro semestre de 2019; já reformulou a matriz curricular deste importante curso; destacando-se, este, por apresentar uma matriz curricular moderna e dinâmica; estando direcionada para atender, além das novas diretrizes, o mundo do trabalho! Desta forma, e em ações sistemáticas de modernizações as Faculdades da Indústria, visam atingir as competências exigidas pela legislação e as exigidas pelo mercado de trabalho.

Destaques especiais para as atividades práticas, agora descritas nas novas DCN's, estão alinhadas em muitos tópicos, com a já tradicional metodologia SENAI. O Projeto pedagógico do curso segue melhorando de forma estruturada através de sucessivas reuniões do Núcleo docente estruturante do curso de Engenharia Elétrica (NDE), onde se destacam os trabalhos dos professores tais como: Adriana Gisele, Wesley Candido, Edgard Menezes, Camila Fogaça, Rodolfo Hildebrandt, Saulo Saes, Antônio Carlos Rodrigues, Fábio T. Matsunaga, Aparecido Serapiao, Anderson Ávila e, do coordenador do curso de Engenharia Elétrica, prof. Vicente Gongora.

Os docentes relacionaram as competências com base na citada resolução e as adicionais exigidas para a habilitação profissional com base nos artigos 8º e 9º da resolução 218/1973 (cuja redação foi atualizada pela resolução 1073 de 19 de abril de 2016, da seguinte forma:

<p>Competências gerais</p> <p>Com base na resolução nº 2, DE 24 de abril de 2019 - institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia</p>	<p>UC1: Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto</p> <p><i>Habilidades:</i></p> <p>H01 - Definir as ferramentas necessárias ou disponíveis para desenvolvimento de soluções de engenharia.</p> <p>H02 - Interpretar as requisições do usuário relacionados às concepções e soluções de problemas de engenharia.</p> <p>H03 - Planejar e executar as etapas para solução de problema de engenharia.</p> <p>H04 - Avaliar as soluções de engenharia mecatrônica sob o viés</p>
--	--

	do usuário.
	<p>UC2: Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação.</p> <p>H05 - Compreender fundamentos físicos, químicos e computacionais visando às necessidades da engenharia. H06 - Examinar a aplicabilidade de conhecimentos científicos frente às demandas da engenharia. H07 - Relacionar as concepções científicas com problemas de modelagem de sistemas. H08 - Selecionar ações fundamentadas em conhecimentos técnico-científicos visando o desenvolvimento de soluções da engenharia.</p>
	<p>UC3: Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos</p> <p><i>Habilidades:</i> H09 - Definir os elementos necessários para a construção de sistemas Elétricos, Eletrônicos e sistemas de automação. H10 - Identificar os fenômenos atrelados aos sistemas Elétricos, Eletrônicos e sistemas de automação. H11 -Projetar sistemas elétricos, eletrônicos, de automação de supervisão e controle voltados a processos e produtos industriais. H12 –Organizar, planejar e controlar as ações relacionadas aos diferentes aspectos das áreas e subáreas da engenharia elétrica.</p>
	<p>UC4: Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia</p> <p>H13 - Analisar os sistemas desenvolvidos considerando as implicações socioeconômicas de segurança e ambientais em âmbito local, regional e/ou global.</p>
	UC5: Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica
	UC6: Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares
	UC7: Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão
	UC8: Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação

<p>Competências específicas</p> <p>Com base nos artigos 8º e 9º da Resolução 218/1973 (com redação atualizada pela resolução 1073 de 19 de abril de 2016).</p>	<p>UC9: Desenvolvimento e integração de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Profissão.</p>
	<p>UC10: Projeto, Desenvolvimento, instalação, operação e manutenção de sistemas de eficiência energética</p>
	<p>UC11: Projeto, desenvolvimento, instalação, operação e manutenção de máquinas equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos.</p>
	<p>UC12: Projeto e desenvolvimento de sistemas de automação, controle supervisão e de Telecomunicações</p>

VIº Simpósio do meio ambiente - 2019

Marca constante na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina o evento atraiu muitos alunos e a comunidade externa para análise de tópicos na área do meio ambiente. Este ano o Tema da Poluição do Ar, foi amplamente debatido onde os acadêmicos puderam ouvir os convidados: Luciana de Paiva Luquez / Gestora do IPULL; Leila D. Martins /UTFPR; José Carlos / Secretário do meio ambiente na cidade de Tamarana e o Eng. Glauber Soares da Silva da empresa Sandoz Novartis; presentes no evento. A condução dos trabalhos ocorreu sob o comando do prof. Dr.Edgard Menezes.



Os alunos puderam conhecer, também, a maquete da estação de tratamento de águas além das reservas hídricas da nossa Cidade; projeto da Sanepar, que esteve presente ao evento, para divulgação da diversidade hídrica da nossa região.



A indústria brasileira e o cenário econômico atual: evolução e perspectivas

Marco Aurélio Arbex¹

RESUMO

O presente artigo aborda o atual cenário econômico brasileiro e as perspectivas para indústria frente a esse contexto. O artigo mostra que a indústria brasileira ainda não atingiu seu potencial frente ao parque industrial de outros países, demonstrando até um certo atraso no processo de *catching up*. Por outro lado, o cenário econômico atual se mostra em início de recuperação pós crise de 2014/2016, com indicadores econômicos favoráveis e um ambiente reformista que pode se mostrar favorável ao crescimento industrial.

Palavras-chave: Cenário econômico, Indústria, Indicadores econômicos.

Brazilian industry and the current economic scenario: evolution and perspectives

ABSTRACT

The present article deals with the current economic scenario and the perspectives for industry in this context. The article shows that Brazilian industry has not yet reached its potential against the industrial park of other countries, demonstrating until a certain delay in the catching up process. On the other hand, the current economic scenario is beginning to recover after the 2014/2016 crisis, with favorable economic indicators and a reformist environment that may be favorable to industrial growth.

Key words: Economic scenary, Industry, Economic Indicators.

¹ Economista e Mestre em Administração. Professor da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. Marco.arbex@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

Mesmo sendo o Brasil um país essencialmente agrícola, a indústria sempre esteve fortemente presente no desenvolvimento do país. E não poderia ser diferente, dada a dimensão continental do Brasil, sua ótima localização geográfica e o protagonismo que possui na América do Sul.

No entanto, a indústria brasileira parece não ter se desenvolvido tanto quanto poderia. Para ilustrar isso, basta observar o baixo grau de internacionalização das marcas brasileiras, o baixo grau de aquisições de indústrias estrangeiras por brasileiras e a modesta participação brasileira na corrente de comércio internacional ao longo dos anos.

Analistas têm notado que a indústria brasileira tem passado por maus momentos ao longo dos últimos anos, chegando até mesmo a sugerir a existência de um processo de desindustrialização no país.

No entanto, a partir de 2019, parece que um novo cenário está se configurando, puxado pelo início da recuperação econômica no Brasil após a crise de 2014, pelo movimento reformista/desestatizante do atual governo e pela inédita perspectiva de juros baixos por um longo período.

Nesse contexto, o presente artigo busca refletir sobre o futuro da indústria brasileira, buscando identificar sinais que mostrem os caminhos atuais e perspectivas.

2 A INDÚSTRIA BRASILEIRA NA ÚLTIMA DÉCADA

Segundo Sarti e Hiratuka (2017), o período compreendido entre 2014 a 2016 foi responsável pelo pior desempenho histórico da indústria brasileira (superando até o período de 2008/2009, quando ocorreu a crise internacional desencadeada pela crise imobiliária norte-americana).

Nesse período, em que o Produto Industrial voltou ao mesmo nível observado no início do Governo Lula, “esse desempenho negativo reforçou os argumentos favoráveis à existência de um processo de desindustrialização precoce, que teria se iniciado nos anos

1980, aprofundado nos 1990 e se agravado na primeira década do milênio atual e na presente década” (SARTI; HIRATUKA, 2017, p.1).

Nas últimas décadas observou-se que:

“o processo de internacionalização financeira, produtiva e comercial [...] provocou a adoção de estratégias corporativas de desverticalização, terceirização e fragmentação do processo produtivo e o deslocamento de parte da produção industrial dos países avançados em direção a algumas regiões periféricas, especialmente para o sudeste asiático” (SARTI; HIRATUKA, 2017, p.3).

O resultado desse processo foi a construção de redes tanto globais quanto regionalizadas de produção industrial. Porém, esse processo foi assimétrico: “enquanto algumas economias conseguiram uma inserção virtuosa (Coreia do Sul, China, Taiwan e Índia), outras economias mantem uma inserção subordinada (países latino-americanos e do leste europeu)” (SARTI; HIRATUKA, 2017, p.3)

Nesse sentido, Bresser-Pereira, Nassif e Feijó (2016) argumentam que ao longo das últimas décadas o Brasil conseguiu promover sua industrialização, sem, no entanto, conseguir finalizar o seu processo de *catching up*.

Catching up (ou convergência) é o processo pelo qual a riqueza acumulada de economias menos desenvolvidas converge para o nível de riqueza acumulada de economias mais desenvolvidas. “Isso ocorre uma vez que os países atrasados podem explorar os conhecimentos já consolidados pelos países líderes, desenvolvendo o país com a introdução de novas técnicas que não estão na fronteira do conhecimento” (ESTEVES, PORCILE, 2011, p2).

Naturalmente, o processo de convergência ocorre porque determinada evolução tecnológica nas economias mais ricas passa a crescer a taxas marginais decrescentes após atingir certo grau de maturidade, abrindo espaço para o processo de *catching up*.

Bresser-Pereira, Nassif e Feijó (2016 p.1) argumentam que o processo de convergência não se concretizou devido, principalmente, à desindustrialização prematura que se iniciou ainda na metade da década de 1980, mas se intensificou a partir da década de 2000, conforme já mencionado neste texto.

Nos últimos anos, especialmente, os setores industriais brasileiros perderam rentabilidade. Os principais motivos, segundo Sarti e Hiratuka (2017), foram:

- Maior competição com produtos importados;
- Queda dos preços de bens industriais;

- Elevação das despesas financeiras devido ao alto grau de endividamento das empresas (principalmente das empresas com endividamento em dólar) e das altas taxas de juros;
- Expectativas negativas com relação à demanda e rentabilidade futura (com impacto negativos sobre as decisões de investimentos pelos empresários)

O resultado desse processo foi a desnacionalização da indústria brasileira, como destacam Sarti e Hiratuka (2017). Esse fato é evidenciado através dos dados de 2016 da consultoria KPMG, que das operações de fusão e aquisição envolvendo empresas brasileiras e estrangeiras, 60% do total dessas operações entre 2011 e 2015 foram de empresas estrangeiras adquirindo empresas brasileiras no Brasil (total de 1.380 operações no período). As aquisições de empresas estrangeiras por empresas brasileiras no exterior representaram 10,4% do total dessas (total de 240 transações no período); e as aquisições de empresas estrangeiras por empresas brasileiras dentro do Brasil representaram 6,8% das transações (156 transações no período).

O resultado do processo de desnacionalização foi o aprofundamento da especialização regressiva da estrutura produtiva e de exportação acompanhada da elevação do conteúdo e coeficiente importados, sem a contrapartida de um aumento proporcional do coeficiente exportado manufatureiro e o que é pior, dos investimentos industriais. Nesse sentido, o Brasil apresenta um padrão assimétrico e subordinado de inserção externa (SARTI; HIRATUKA (2017, p.28).

Bresser-Pereira, Nassif e Feijó (2016 p.1), ao argumentar sobre a política industrial brasileira, observam que “é preciso perseguir estratégias de diversificação produtiva”. Isso deveria se dar através da identificação de prioridades estratégicas “tanto nas cadeias produtivas, segmentos e setores próximos à base de vantagem comparativa preexistente, como naqueles mais próximos à fronteira tecnológica internacional”.

Os mesmos autores observam quem, para promover a reindustrialização do país é preciso, além de adotar políticas industriais e tecnológicas consistentes, articulá-las com as políticas macroeconômicas, entendidas como:

a adoção e implementação de políticas monetária, fiscal, cambial e salarial consistentes, cujo objetivo é não somente manter a estabilidade de preços, como também permitir que a economia, em vez de seguir trajetórias do tipo stop and go – como tem sido o caso do Brasil nos últimos 35 anos - consiga realizar seu potencial de crescimento econômico de forma sustentável (BRESSER-PEREIRA, NASSIF; FEIJÓ, 2016 p.3).

A recuperação da indústria passa pelo crescimento da demanda. E o crescimento da demanda depende da redução do endividamento das famílias e pelo aumento da confiança do consumidor na economia.

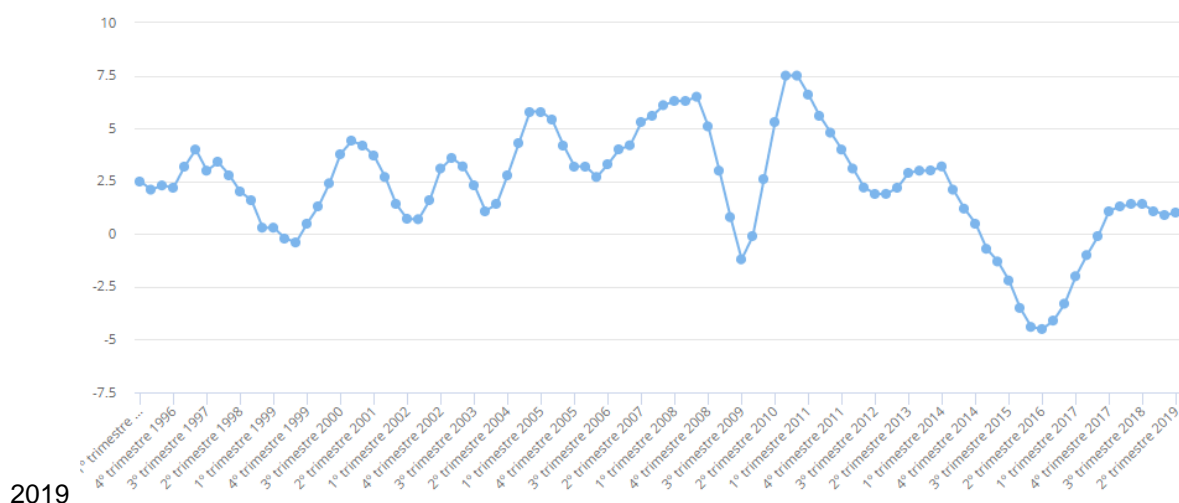
Em 2019 tem início no Brasil, de forma ainda tímida, um processo de recuperação econômica. A próxima seção irá discutir esse processo de retomada e as perspectivas para a indústria.

3 A RETOMADA DO CRESCIMENTO E O FUTURO DA INDÚSTRIA

Inicialmente, a análise parte do processo de recuperação econômica atual. A figura 1 mostra a taxa acumulada de crescimento do PIB do primeiro bimestre de 1996 ao segundo trimestre de 2019. O PIB representa a riqueza criada no país e é apenas o reflexo da combinação entre consumo, investimentos, gastos públicos e exportações líquidas (VASCONCELLOS; GARCIA, 2008).

É possível observar que a partir de 2014, o Brasil apresentou a maior crise econômica das últimas duas décadas, sendo que após a crise de 2014-2016, o Brasil apresentou “voos de galinha” (esboço de recuperação econômica, mas sem “decolar”). A partir de 2019, espera-se uma recuperação econômica mais sólida. Para 2020, o Boletim Focus do Banco Central estima crescimento do PIB de 2,5%.

Figura 1 - PIB a preços de mercado (taxa trimestral acumulada - 1º trimestre 1996 a 2º trimestre

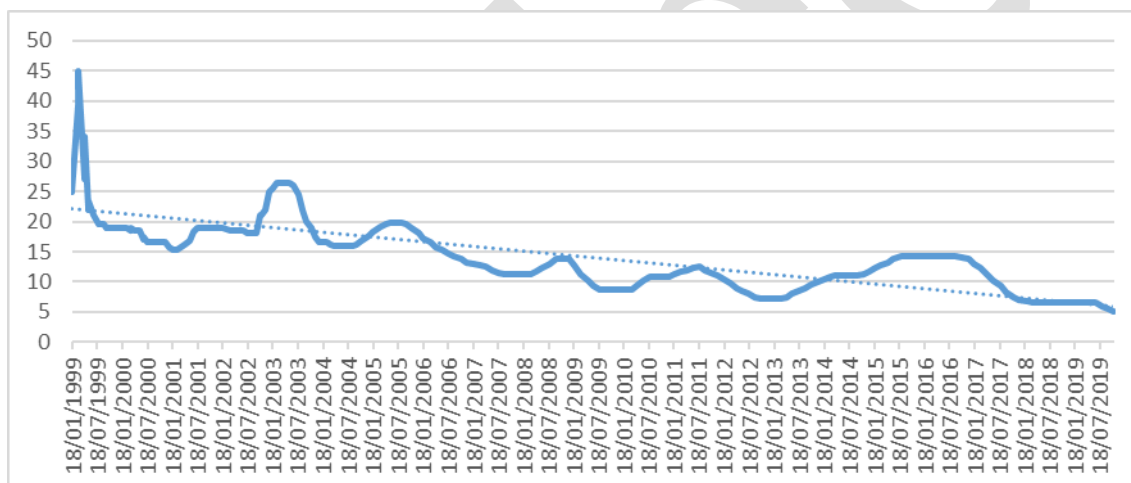


Fonte: IBGE (2019)

O resultado do PIB está intimamente ligado a queda das taxas de juros. A taxa SELIC é a taxa de juros básica da economia. A partir desta, as demais taxas (financiamentos, crédito ao consumidor) são formadas (VASCONCELLOS; GARCIA, 2008). A figura 2 mostra a evolução da taxa Selic nos últimos 20 anos. A tendência de queda é clara. A taxa Selic baixa, entre outros benefícios, reduz o custo de capital das empresas, o que estimula o crédito e a geração do emprego.

Atualmente em 5% ano, o Brasil tem a taxa Selic mais baixa da história (não esquecendo que no final dos anos 90 a Selic chegou a quase 50% ao ano). Estima-se que Selic feche 2019 a 4,5% ao ano e que os juros continuem abaixo dos 5% em 2020 (BCB, 2019).

Figura 2 – Evolução da taxa SELIC (2009 – 2019)



Fonte: Elaborado a partir de IPEADATA (2019)

É interessante notar que esse movimento de queda dos juros parece ser global. Em 2019, o Japão e boa parte da Europa passou a ter juros negativos (remuneração negativa dos investimentos em títulos públicos federais) (TAKAR, 2019)

A ideia por trás dos juros negativos é o estímulo ao consumo e, conseqüentemente, aos investimentos pelas empresas e novos produtos e negócios.

De acordo com Mankiw (2013), quando há juros baixos e liquidez na economia, existem pressões inflacionárias (uma vez que juros baixos estimulam o consumo que, por sua vez, gera pressão para que os preços se elevem. No entanto, esse movimento não está acontecendo.

Isso se deve a fatores como envelhecimento da população (menor consumo), alto endividamento das famílias, democratização e consequente redução do custo da tecnologia e “efeito China” (custo de produção muito baixo).

No Brasil, especificamente, soma-se a esses fatores, a expectativa de recuperação econômica com a linha de atuação da equipe econômica do governo federal. Além da Reforma da Previdência (promulgada no Senado em novembro de 2019) e do início das discussões sobre uma possível reforma tributária, as principais medidas iniciadas em 2019 buscam atacar problemas como: indexação do orçamento, ineficiência na alocação de recursos, baixa flexibilidade da folha de pagamentos (Economia XP, 2019).

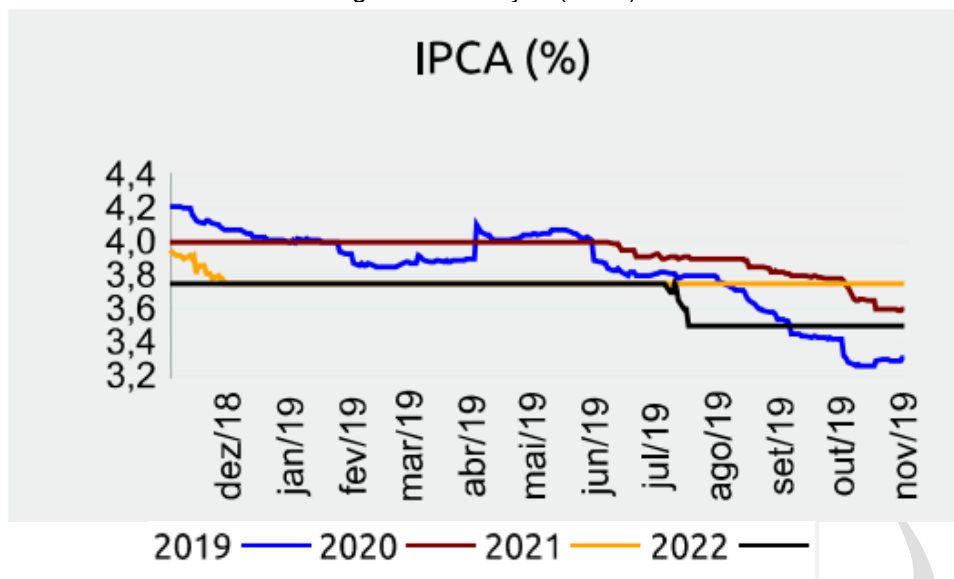
O conjunto de medidas de ajuste publicadas em novembro de 2019 foi chamado de “Plano Mais Brasil” e envolve três grandes frentes: Pacto Federativo, Emergencial e Fundos. Sem entrar nos detalhes de cada uma dessas medidas, tem-se como foco o equacionamento dos problemas de fluxo e rigidez do orçamento e a desvinculação/extinção dos Fundos setoriais visando reduzir a dívida bruta do Estado.

Naturalmente, são medidas ainda não implementadas e, na visão da Economia XP (2010), pouco claras tecnicamente, quanto à economia que será gerada pelas medidas. Análise também da Economia XP (2019) sugere que, ao tentar implementar medidas tão abrangentes de uma só vez pode gerar incerteza no ambiente político/econômico além de potencialmente gerar uma disputa por protagonismo entre Câmara e Senado. De qualquer maneira, considerando que os agentes econômicos são movidos por expectativas (MANKIWI, 2013), está sendo traçado um cenário no Brasil em que as expectativas no âmbito econômico estão se mostrando favoráveis a recuperação e retomada do crescimento.

As figuras 3, 4, 5, 6 e 7 mostram dados do boletim Focus de novembro de 2019 (BCB, 2019) sobre expectativas para a economia brasileira.

A figura 3 mostra clara projeção de queda para o IPCA. Interessante notar que ao longo dos últimos meses a tendência de queda se acentuou (muito provavelmente impulsionado pelas quedas na taxa Selic). A projeção é IPCA na casa dos 3,5% nos próximos anos.

Figura 3 – Inflação (IPCA)

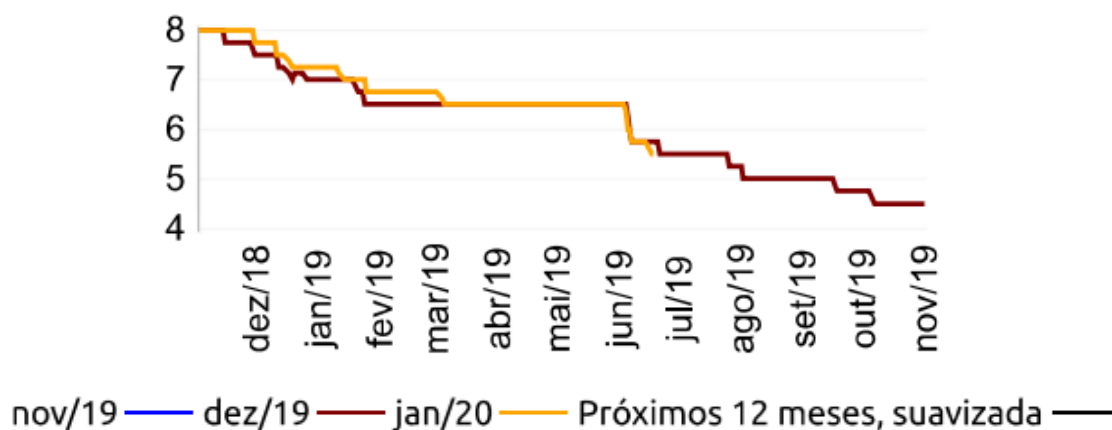


Fonte: Boletim Focus (BCB, 2019)

Conforme mencionado, a tendência de queda na SELIC é clara. O Boletim Focus (BCB, 2019), projeta SELIC a 4,5% ao final de 2019.

Figura 4 – Taxa Selic (meta)

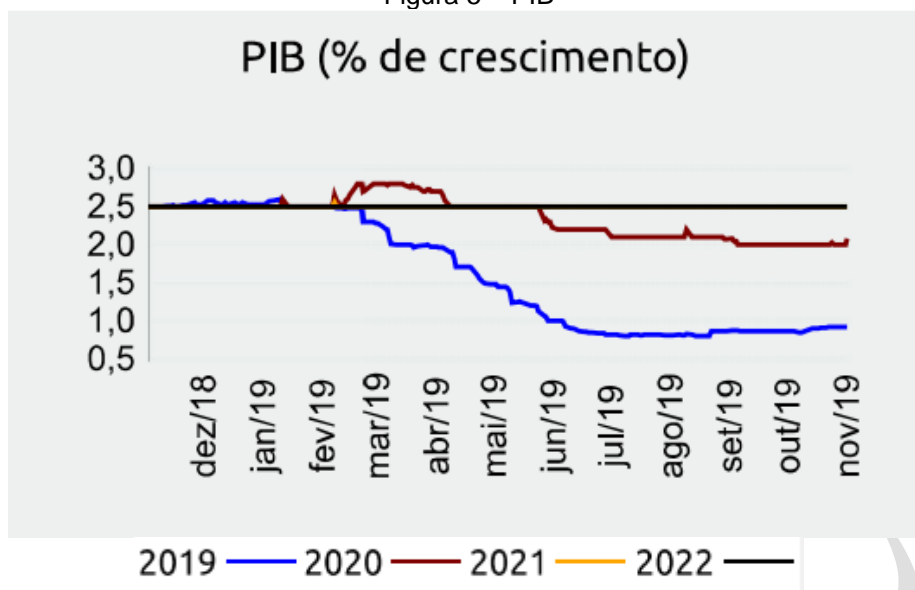
Meta Taxa Selic (% a.a.)



Fonte: Boletim Focus (BCB, 2019)

Ainda como efeito da queda da SELIC, associado ao movimento reformista do atual governo, a projeção do PIB tem melhorado, de forma que espera-se PIB na casa dos 2,17% em 2020 e 2,5% em 2021 e 2022 (figura 5).

Figura 5 – PIB

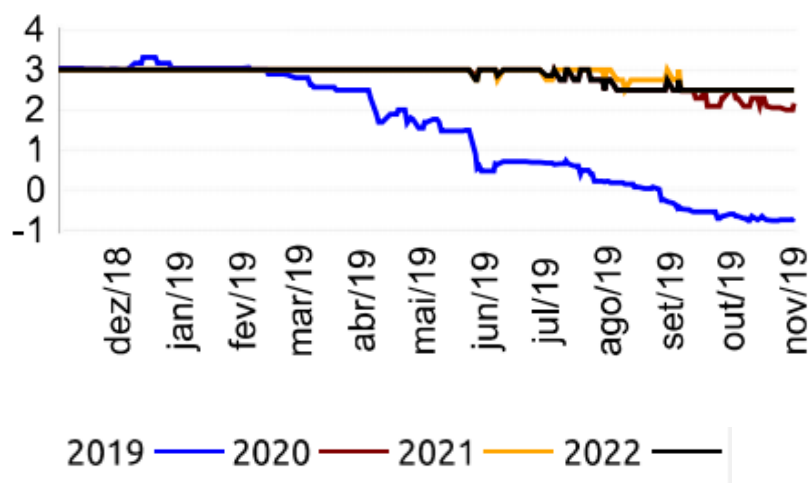


Fonte: Boletim Focus (BCB, 2019)

A produção industrial (figura 6) segue a mesma linha do PIB: crescimento a partir dos próximos anos (2,3% em 2020 e 2,5% em 2021 e 2022).

Figura 6 – Produção industrial

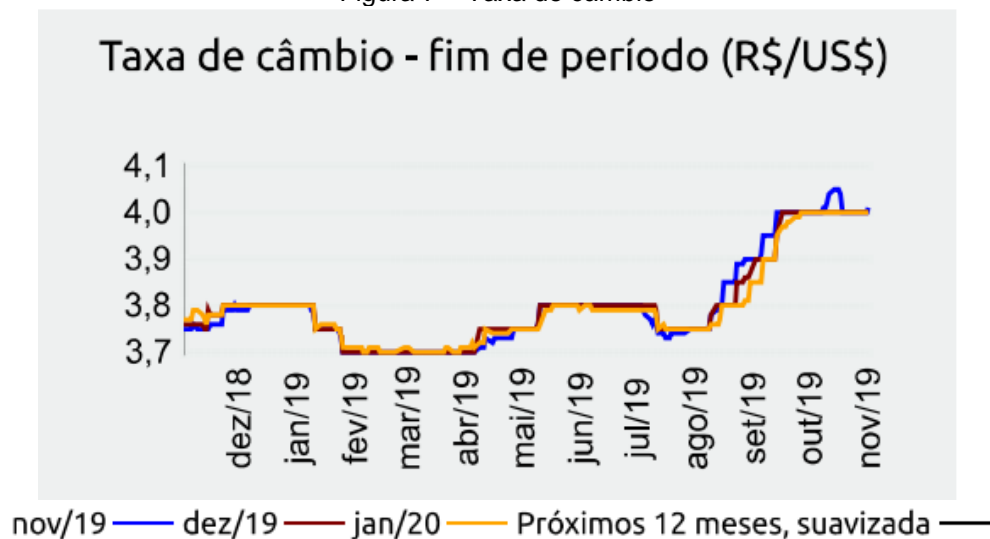
Produção Industrial (% de crescimento)



Fonte: Boletim Focus (BCB, 2019)

Por fim, a figura 8 mostra a taxa de câmbio (indicador significativo para a indústria. O Boletim Focus projeta câmbio a R\$4,00 por dólar até 2022.

Figura 7 – Taxa de câmbio



Fonte: Boletim Focus (BCB, 2019)

Embora a expectativa futura seja favorável, a recuperação deve demorar, como demonstra a InfoMoney (RIZÉRIO, 2019 s/p)

“No futuro, esperamos que o setor industrial se beneficie da recuperação econômica projetada, impulsionada por baixas taxas de juros reais, queda dos juros, aumento da confiança dos negócios e expectativa de aumento dos investimentos. Contudo, ele continuará enfrentando ventos contrários com a atividade em declínio na Argentina e um peso fraco (vale destacar que o mercado do país vizinho é essencial para as exportações brasileiras de manufaturados)”, aponta o Goldman Sachs em relatório. O Bradesco também avalia não ver recuperação no curto prazo para a atividade”

Além disso, Duque (2019) mostra que o Brasil está bem aquém dos países mais automatizados (em densidade de robôs por milhão de trabalhadores): enquanto aqui existem menos de 200 robôs por milhão de trabalhadores, nos cinco países mais automatizados, essa média é de 6 mil. Interessante notar que a média do resto do mundo é de 400 robôs por milhão de trabalhadores). “Como se fosse possível piorar ainda mais, estamos ficando para trás, crescendo linearmente, enquanto todos os outros países crescem exponencialmente” (DUQUE, 2019, s/p).

Além da gestão pouco profissionalizada em algumas indústrias, o autor ainda destaca que é necessário se livrar de uma cultura paternalista/retrógrada que acaba limitando a entrada de inovações disruptivas. Sem essa evolução, o Brasil ficaria sempre à margem do estado da arte da indústria classe mundial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O momento econômico pelo qual passa o Brasil é inédito na história. A taxa de juros básica da economia está no patamar mais baixo da série histórica e em tendência de queda. Como o ser humano é movido por estímulos, os juros baixos sinalizam que os investimentos rentistas (lê-se poupança e renda fixa geral) estão gerando menos rentabilidade ao investidor, que precisa mudar o seu foco e voltar o olhar para o setor produtivo (seja através de investimentos em Bolsa e Fundos imobiliários, por exemplo) ou seja através de um processo empreendedor.

A indústria, como grande geradora de empregos, se beneficia diretamente desse movimento, uma vez que por trás de qualquer atividade produtiva (desde um pequeno varejo, passando pelo setor imobiliário e agronegócio, por exemplo), tem a indústria como plano de fundo (seja na fabricação de produtos finais, matérias-primas, instalações e insumos em geral).

Em síntese, a possibilidade de juros baixos por mais tempo no Brasil associada a um ambiente reformista tende, com o tempo, a estimular o emprego e conseqüentemente o consumo, que por sua vez estimula os investimentos em última análise, a indústria como um todo.

No entanto, precisamos ainda avançar significativamente no uso das tecnologias de ponta disponíveis para a indústria visando diminuir o hiato produtivo e tecnológico existente entre o Brasil e as economias mais desenvolvidas

Para trabalhos futuros sobre esta temática, sugere-se acompanhar os efeitos desse novo cenário econômico, visando desenvolver mais subsídios para analisar os gatilhos e relações estímulo/resposta sobre a indústria.

REFERÊNCIAS

BCB - Banco Central do Brasil. **Boletim Focus**, nov. 2019. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em 14/11/2019.

DUQUE, Daniel. **Nossa indústria tem futuro?** Infomoney, março 2019. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/colunistas/livres/nossa-industria-tem-futuro/>. Acesso em 13/11/2019.

ECONOMIA XP. Governo anuncia o “Plano mais Brasil” dividido em três PECs: Pacto Federativo, Emergencial e Fundos. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/economia/relatorios/governo-anuncia-o-plano-mais-brasil-dividido-em-tres-pecs-pacto-federativo-emergencial-e-fundos/>. Acesso em 14/11/19.

ESTEVES, Luis Eduardo ; PORCILE, Gabriel. Determinantes do catching-up: um modelo dinâmico. Encontro Nacional de Economia. XXXVIII. **Anais....** Salvador, 2011.

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Taxa de juros - Selic - fixada pelo Comitê de Política Monetária (Copom). Disponível em:** <http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em 10/11/2019.

IBGE - Sistema de Contas Nacionais Trimestrais – SCNT. Séries históricas. **PIB a preços de mercado - Taxa acumulada em 4 trimestres (%)**, 1º trimestre 1996 - 2º trimestre 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas#evolucao-taxa>. Acesso em 14/11/2019.

MANKIW, N. Gregory. **Introdução à Economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

RIZÉRIO, Lara. **Após boa surpresa no PIB do 2º tri, indústria volta a decepcionar e esfria expectativa de recuperação**. Infomoney, set. 19. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/mercados/apos-boa-surpresa-no-pib-do-2o-tri-industria-volta-a-decepcionar-e-esfria-expectativa-de-recuperacao/>. Acesso em 13/11/2019.

TAKAR, Teo. Juro negativo: na Europa e Japão, a pessoa paga para investir. Por quê? Dispo <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2019/09/01/como-e-investir-em-paises-com-juros-negativos.htm>

Processo de Implantação da Manutenção Preventiva em Equipamentos Industriais

PROCESS OF IMPLANTATION OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE IN INDUSTRIAL EQUIPMENTS

Antonio Carlos Rodrigues¹,

Luiz Alberto²

Resumo: Processo de implantação da manutenção preventiva em equipamentos industriais tem como objetivo principal servir de apoio com informações que facilitem a implantação por técnicos e planejadores de manutenção. O método utilizado visa à conscientização e a confiabilidade no processo de implantação por ter os passos principais para se conseguir resultados quanto ao melhor funcionamento possível para um equipamento industrial. Através de ferramentas ou controles, podem-se enquadrar quanto ao nível ao qual se podem implantar a manutenção preventiva na empresa, seja controle manual, controle semi-automatizado, controle automatizado ou por microcomputador, sempre levando em consideração as condições e o modelo organizacional de cada empresa.

Palavras-chave: Implantação de manutenção preventiva.

Abstract: Process of implantation of the preventive maintenance in industrial equipments has as main objective to serve as support with information that facilitate the implantation for technicians and maintenance planners. The used method seeks to the understanding and the reliability in the implantation process for having the main steps to get results as for the best possible operation for an industrial equipment. Through tools or controls, they can be framed as for the level to which she can implant the preventive maintenance in the company, be manual control, semi-automated control, automated control or for microcomputer, always taking into account the conditions and the model organizational of each company.

Key-words: Implementation of preventive maintenance.

¹Artigo apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* <Antonio Carlos Rodrigues> da Faculdade de Tecnologia SENAI/SC Florianópolis 2012.

² <Luiz Alberto> da Faculdade de Tecnologia SENAI/SC Florianópolis 2012.

1. INTRODUÇÃO

Conceitos: Manutenção Preventiva – é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. (KARDEC e NASCIF, 1999, p.35).

Kardec e Nascif (1999) ressaltam que a organização da manutenção de qualquer empresa deve estar voltada para o gerenciamento e a solução dos problemas na produção, de modo que a empresa seja competitiva no mercado.

Conforme Apostila de manutenção eletromecânica NIT – Núcleo de informação tecnológica SENAI – DET – DR/PR. A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas.

Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial.

No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia de manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Além disso, outra motivação para o avanço da manutenção foi a maior exigência por qualidade. Essas motivações deram origem a uma manutenção mais planejada.

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

É um método aprovado e adotado atualmente em todos os setores industriais, pois abrange desde uma simples revisão, com paradas que não obedecem a uma rotina, até a utilização de alto índice técnico. Abrange cronogramas nos quais são traçados planos e revisões periódicas completas para todos os tipos de materiais utilizados nas oficinas. Ela inclui também, levantamentos que visam facilitar sua própria introdução em futuras ampliações do corpo da fábrica.

O Segredo para o sucesso da manutenção preventiva está na perfeita compreensão de seus conceitos por parte de todo o pessoal da fábrica, desde os operários à presidência.

A manutenção preventiva por ter um alcance extenso e profundo, deve ser organizada.

A capacidade e o espírito de cooperação dos técnicos são fatores importantes para a manutenção preventiva.

A manutenção preventiva deve ser sistematizada para que o fluxo dos trabalhos se processe de modo correto e rápido. Sob esse aspecto é necessário estabelecer qual deverá ser o sistema de informações empregado e aos procedimentos adotados.

As informações devem apresentar definições claras e objetivas e conter a delegação das responsabilidades de todos os elementos participantes.

O fluxo das informações deverá fluir rapidamente entre todos os envolvidos na manutenção preventiva. Também exige um plano para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos que são indicadores para se buscar a melhoria dos métodos de manutenção, das técnicas de manutenção e da elevação dos níveis de controle.

O planejamento e a padronização são as bases para melhorar o gerenciamento da manutenção. Bem aplicados, eles garantem a confiabilidade das ações preventivas e corretivas e a previsibilidade dos recursos necessários (Mão de obra e peças necessárias). Como resultado desta maior previsibilidade, torna-se possível gerenciar o orçamento da manutenção com maior precisão e sem grandes surpresas, ao contrário do que acontece atualmente na maioria das empresas. (XENOS, 2004).

Para sincronizar todos os processos que fazem parte da manutenção, é fundamental a existência de um sistema de controle de manutenção, que garanta sempre o que é necessário, identificar:

- Que serviços serão realizados;
- Quando eles serão realizados;
- Quem estará executando os serviços;
- Que recursos serão necessários para a execução dos serviços;
- Quanto tempo será gasto em cada serviço;
- Qual será o custo de cada serviço;
- Que materiais serão aplicados;
- Que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessárias.

Com estas informações poderemos realizar a programação dos serviços, com maior agilidade, pois com esses dados conseguiremos negociar com as áreas envolvidas, já sabendo de que materiais serão necessários, quanto tempo e o custo total da intervenção. Permitindo assim que o gestor tenha ciência dos custos e tempos envolvidos, podendo avaliar a execução em relação à tendência de seus indicadores gerenciais.

Manter a fábrica em funcionamento o tempo todo, gera um custo elevado. Assim sendo, a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos são fatores chaves que determinam se tudo irá sair conforme o planejamento, tanto em termos de quantidades, quanto no que se refere a prazos de entrega, qualidade e custos, já que todo e qualquer equipamento está sujeito às falhas.

Segundo Xenos (1998), as falhas tenderão sempre a aumentar se não forem atacadas frontalmente pelo pessoal de manutenção, podendo causar grandes prejuízos. Desta forma, Vaz (1998) enfatiza que a manutenção dos equipamentos é importante, pois contribui para o aumento da produtividade. Por isso, as organizações buscam cada vez mais novas ferramentas de gerenciamento, que auxiliam no aumento de competitividade (KARDEC, 2004).

Pinto (2004) afirma que para a manutenção contribuir efetivamente para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial, é preciso que sua gestão seja feita com uma visão estratégica. Contudo, a implementação de qualquer nova tecnologia só apresenta resultados satisfatórios, se existirem pessoas especializadas e treinadas, para a completa utilização de todas as facilidades e benefícios oferecidos (VIANA, 2002).

2 A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Kelly e Harris (1980) abordam que as organizações industriais existem em função do lucro, utilizando equipamentos e mão de obra para transformar materiais em produtos acabados. Desta forma, relacionam manutenção com rentabilidade já que, exerce influência direta na capacidade de produção e no custo operacional dos equipamentos. Neste sentido, Xenos (1998), explica que todos os equipamentos possuem um desgaste natural pelo seu uso e que com a finalidade de evitar a degradação destes e das demais instalações das empresas é que existem as atividades de manutenção.

Igualmente, Faria (1994) enfatiza que os custos em torno de um departamento de manutenção devem ser gerenciados para que seja o mínimo necessário e suficiente. Estes, se mal administrados, poderão gerar falta de capital de giro para a empresa já que são capazes de motivar horas extras desnecessárias e alto estoque de peças com pouco giro.

Sendo assim, é natural que a área de manutenção seja cobrada para reduzir os seus custos e como consequência, os custos da empresa através da utilização de melhores métodos de trabalho, observa-se que quando a manutenção é bem planejada é possível gerar um aumento da disponibilidade dos equipamentos, maior vida útil e menor custo específico (BRANCO FILHO, 2008).

2.1 Custo & Indicadores de Manutenção

2.1.1 Custo de Manutenção

O custo de manutenção é formado pela soma das despesas de manutenção, que são:

- Custo com materiais + custo com mão de obra + custo com terceiros (Serviços prestados por empresas contratadas ou assistência técnica externa). Despesas com aquisição de novos equipamentos e melhorias em equipamento existentes, não são consideradas despesas e sim investimento, portanto toda e qualquer intervenção que caracterize os casos citados, devem somente ser executadas se estiverem

contempladas no plano anual de investimentos, pois do contrário impactará negativamente nas despesas de manutenção.

- O custo da manutenção deve ser cuidadosamente monitorado através de gráficos. As metas devem ser bem visuais para assegurar que todas as pessoas do departamento de manutenção entendam a necessidade de cumpri-las e possam visualizar as tendências. (XENOS 2004, p.228) Os custos podem ser classificados em custos com manutenção corretiva e com manutenção preventiva, é importante para a manutenção realizar este controle, pois demonstrará onde os recursos estão sendo empregados, para que as áreas acompanhem suas tendências de custo, pois apesar do termo “custo de manutenção”, os recursos disponibilizados para a execução de manutenção, pertencem aos setores e estão disponibilizados em seus respectivos centros de custo.

Em relação aos valores disponibilizados para a aplicação em manutenção, na maioria das vezes, são inadequados e desproporcionais a demanda. Para garantir o cumprimento dos planos existentes, para o caso das indústrias de produção de metais, conforme tabela abaixo, sugere-se que as empresas disponibilizem recursos na ordem de aproximadamente 4,4% em relação ao faturamento bruto.

2.1.2 Custo de manutenção em relação ao faturamento bruto

Tabela 1- Custo de Manutenção X Faturamento

Setor	%
Serviços	8%
Construção Civil	8,10%
Químico	5%
Bebidas	3%
Eletrônica	2,90%
Transporte	12,70%
Mineração/Metals	4,40%
Automotivo	4,60%
Nuclear	7,30%
Petróleo	2,50%
Embalagem	5,10%
Papel e Celulose	4,70%
Borracha	4,30%
Têxtil	5,10%

Fonte: Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>> Acesso em: mar. 2008.

A Tabela acima, informa os valores, considerados coerentes a nível mundial, para despesas de manutenção em diversos setores da indústria, traçando uma relação com o faturamento bruto das respectivas indústrias.

3 ÍNDICES DE MANUTENÇÃO

Os índices de manutenção devem retratar aspectos importantes para o processo, considerando questões que indiretamente sejam impactadas pela manutenção. Esses índices serão inseridos nos relatórios gerenciais, para contribuir nas atividades de avaliação da área. Colaborando para a medição da eficácia da gestão da manutenção, podendo ainda servir de subsídio para a tomada de decisões referentes à área de manutenção. Para tanto, seguem os índices mais comumente utilizados:

MTBF – Mensura o tempo médio entre falhas, e é definido pela divisão de horas disponíveis do equipamento para o processo, pelo número de intervenções ocorridas no período.

MTTR – Mensura o tempo médio de reparos, é definido pela divisão entre a soma das horas de reparos, pelo número de intervenções corretivas no período.

BACKLOG – É o tempo em que a equipe de manutenção levará para tratar todas as ordens existentes no sistema, considerando que durante a execução não sejam inseridas novas solicitações, em algumas empresas esse indicador colabora na definição do número de dias de férias coletivas para a produção.

CUSTO DE MANUTENÇÃO – É a relação do custo com despesas de manutenção por outro dado importante para empresa.

ÍNDICE DE RETRABALHO – Representa o volume de retrabalho ocorrido em relação ao total de ordens tratadas no mês, e é medido, dividindo as ordens reabertas para retrabalho pelo total de ordens concluídas.

ÍNDICE DE MNT CORRETIVA – Mede o número de manutenções corretivas executadas em relação ao total de ordens concluídas.

ÍNDICE DE MNT PREVENTIVA - Mede o número de manutenções preventivas executadas em relação ao total de ordens concluídas.

ÍNDICE DE APROPRIAÇÕES – Mede o número de horas apropriadas pela equipe de manutenção em relação ao número de horas disponíveis em HH para a unidade.

4 PARA A IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme apostila de manutenção eletromecânica NIT – núcleo de informações tecnológicas SENAI – DET – DR/PR o cadastro do equipamento é talvez o item mais importante quando se trabalha com manutenção preventiva.

Este cadastro é iniciado com as informações obtidas através das impressões e de avaliações, a partir de inventário.

A partir daí toda e qualquer atividade de inspeção, lubrificação, manutenção e outras executadas na máquina deve ser registrada.

O número de fichas de controle deve ser racionalizado, ou seja, deve-se ter cuidado com escassez ou com os excessos de documentos.

O cadastro dos equipamentos propriamente dito deve ser informatizado se possível.

Criar comissão para a implantação (planejadores de produção, engenheiros industriais).

A manutenção preventiva é uma inspeção sistemática e programada:

- Limpeza, lubrificação e serviços necessários para manter equipamentos em condição de funcionamento.

O programa de manutenção preventiva tem duas partes que merecem receber atenção:

- Os formulários de procedimentos e os manuais de trabalho.

Os manuais de trabalho aliados e integrados aos formulários de procedimentos compreendem:

- Limpeza, ajustes, pequenos consertos, lubrificação e inspeção.

4.1 Os Formulários de Procedimentos são:

- Listas de verificação, folha de rotina, formulário de programação e planejamento, registros de equipamentos e relatórios de controle, estes são utilizados para operações diárias e servem para estabelecer e organizar o trabalho.

4.1.1 Listas de verificação:

- São listas ou fichas que determinam os dias de inspeção, o trabalho a ser executado e as rotinas de lubrificação.

Podemos citar como exemplo de listas de verificação:

- A mecânica;
- Lubrificação;
- Instrumentação;
- Elétrica;
- Tubulações que podem ser mais bem identificadas por cores diferentes, números ou letras.

O local de lubrificação sendo colorido indica o tipo e qualidade do lubrificante a ser utilizado.

Também fazer um estudo dos óleos e graxas disponíveis no mercado padronizando-os pode-se obter economia no setor.

As operações de lubrificação ocorrem regularmente, são pré-programadas e com tempo padrão para execução.

Consistem na colocação de óleo e graxas nos pontos críticos de equipamentos mecânicos. Para a implantação o mantenedor fará melhor o seu trabalho se:

- Souber o que fazer, onde fazer, quando fazer e o tempo disponível para ser feito;
- A melhor maneira é implantá-lo por seções, se possível com o auxílio de um inspetor bem treinado, para executar a primeira implantação;
- A passagem da manutenção preventiva para a fábrica deve ocorrer de maneira gradual, após o primeiro setor estar funcionando satisfatoriamente;
- Também é importante que todas as ordens de manutenção sejam por escritos, devendo assim haver a verificação do cumprimento dessas ordens;
- Segundo o Comitê do Equipamento Industrial (Alemão) devemos seguir o roteiro para a realização eficiente da conservação do equipamento, quando da passagem da manutenção corretiva para preventiva:

PRIMEIRO PASSO:

Intensificação da limpeza:

Deverá haver treinamento e supervisão do pessoal, tendo em vista as medidas mais simples de conservação como limpeza e lubrificação diária.

SEGUNDO PASSO:

Supervisão contínua sem plano de fábrica:

Supervisão da manutenção, do manuseio e da segurança.

TERCEIRO PASSO:

Introdução dos serviços de lubrificação:

Introdução de identificação dos pontos a serem lubrificados bem como dos dispositivos de lubrificação. Esse trabalho deve ser executado por pessoal especializado.

QUARTO PASSO:

Conservação planejada das ferramentas:

Organização da ferramentaria, conservando as ferramentas prontas para o trabalho.

QUINTO PASSO:

Organização de um setor de consertos:

SEXTO PASSO:

Inclusão dos trabalhos de manutenção nos trabalhos de conserto:

Registrar os trabalhos executados e supervisionar as partes mais vulneráveis da máquina.

SÉTIMO PASSO:

Manutenção preventiva das máquinas:

Elaboração de um plano (através do arquivo de dados), com estabelecimento de prazos para as revisões.

OITAVO PASSO:

Refinamento da supervisão e análise crítica dos reparos:

Analisar ocorrências e reparos e se necessário orientar a aquisição de máquinas novas.

Conforme apostila “Manutenção Eletromecânica” do SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, para a implantação e desenvolvimento da preventiva segue-se os seguintes passos:

- a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção da manutenção preventiva com base no “*feeling*” e de operação;
- b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto);
- c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão de obra, materiais e se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc;
- d) Elaborar os manuais de procedimento para manutenção preventiva, indicando as frequências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções;
- e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva;
- f) Apresentar o plano para a aprovação da gerência e da diretoria. Treinar e reparar a equipe de manutenção.

4.1.2 Para a Execução da manutenção preventiva:

- a) Ferramental e pessoal – Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem não saiba manuseá-

los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-los;

- b) Controle da manutenção** - Em manutenção preventiva é preciso manter o controle de todas as máquinas com auxílio de fichas individuais, é por meio das fichas individuais que se faz o registro da inspeção mecânica da máquina e com base nessas informações, a programação de sua manutenção.

Quando a forma de operação do controle há quatro sistemas: manual, semi-automatizado, automatizado e por microcomputador:

- Controle manual - É o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo;
- Controle semi-automatizado - É o sistema no qual a intervenção preventiva é controlada com o auxílio do computador, e a intervenção corretiva obedece ao controle manual.

A fonte de dados desse sistema deve fornecer todas as informações necessárias para serem feitas as requisições de serviço, incluindo as rotinas de inspeção e execução. O principal relatório emitido pelo computador deve conter, no mínimo:

- O tempo previsto gasto;
- Os serviços realizados;
- Os serviços programados (adiados);
- Os serviços cancelados.

Esses dados são fundamentais para a tomada de providências por parte da supervisão.

- Controle automatizado - É o sistema em que todas as intervenções da manutenção têm seus dados armazenados, para que se tenham listagens, gráficos e tabelas para análises e tomada de decisões, conforme a necessidade e conveniência dos vários setores da manutenção.
- Controle por microcomputador - É o sistema no qual todos os dados sobre as intervenções da manutenção ficam armazenados no microcomputador.

5 CONCLUSÃO

O processo de implantação da Manutenção Preventiva em Equipamentos Industriais, reflete-se em vantagem, como a segurança alcançada através do planejamento das atividades de manutenção, pois no momento em que se planeja também está servindo de treinamento que leva à clareza e produtividade.

Espera-se após a implantação, uma elevação da qualidade técnica do trabalho efetuado, e a possibilidade de avaliar previamente através das instruções de manutenção desenhos, projetos eletromecânicos, sequências de desmontagens e montagens, relações de

materiais utilizados tanto no equipamento como na preparação envolvida na atividade de manutenção.

Também se espera uma facilidade de aprendizagem de novos colaboradores pelo fato de existir um histórico relacionando o que realmente é importante para o bom desempenho do equipamento. Isto quando conhecido antecipadamente, refletindo em redução do tempo médio de reparo.

Proporciona também a facilidade de rastreabilidade de possíveis não conformidades do equipamento, uma vez que o mesmo está sendo monitorado em espaços de tempo pré-determinados, é neste ponto que encontramos uma vantagem agregada, onde desgastes naturais em períodos conhecidos auxiliam no planejamento da aquisição de peças de reposição, reduzindo o seu custo de compra e de estoque. A previsão antecipada de todos os recursos necessários para toda e qualquer atividade leva a aquisições com maior poder de negociação reduzindo os custos finais.

Um grande ganho para a empresa será a redução significativa do tempo médio de reparo. Isto se prova através da comparação dos tempos médios de reparos, antes e depois da implantação.

A importância da aquisição de documentação técnica que não depende exclusivamente do fator humano tomando as informações disponíveis durante a vida da empresa. Mesmo sendo dificilmente mensurável, isto refletirá num ganho para novas gerações de colaboradores, que poderão partir de um patamar mais elevado para incrementar a inovação tecnológica.

A manutenção deverá ser encarada como a solução, tendo a visão do negócio, onde o faturamento, os clientes e a área de atuação passarão a ser fatores predominantes para uma visão sistêmica do processo.

Quem prevê a falha não prevista e o fracasso da manutenção estará em constante monitoramento e efetuando comparações, pois melhorar não é o suficiente.

A equipe mantenedora pode e deverá conhecer o que está acontecendo em tempo real, quais as dificuldades enfrentadas para poder oferecer uma resposta com qualidade e velocidade exigidas pelo mercado atual.

Para que isto ocorra dentro da empresa será necessário também um investimento na mudança do modelo mental, pois:

- Onde existe manutenção corretiva aplicará a manutenção preventiva, reduzindo desta forma consideravelmente a quantidade de falhas e paradas das máquinas;
- Onde o foco é no reparo se passará a identificar a causa raiz e o bloqueio da causa;
- Onde o fator custo é uma prioridade se passará a ser uma premissa;
- Onde existem os procedimentos passarão a ser princípios.

É neste momento que uma equipe de manutenção, coesa, qualificada, certificada e motivada, conhecendo as metas faz a diferença na empresa, pois não basta apenas conhecer o que se faz, mas fazer com qualidade e custo adequado.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. **A situação da Manutenção no Brasil**, Setembro/2007. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/7/7.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FARIA, José Geraldo de Aguiar. Administração da Manutenção: **Sistema P.I.S.** São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

KARDEC, Alan e NASCIF, Júlio, **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

KELLY, A.; HARRIS, M.J. **Administração da manutenção industrial**. Rio de Janeiro: IBP, 1980.

Manutenção Eletromecânica. Apostila do curso técnico em eletromecânica NIT – Núcleo de Informação Tecnológica SENAI – DET- DR/PR

Manutenção Mecânica. Apostila do Curso Técnico em Mecânica. Telecurso 2000. Disponível em: <<http://www.acervotecnico.com.br/2010/02/telecurso-2000-manutencao.html>>, acesso em 20 jan. 2013.

NAKAJIMA, S.- Introdução ao TPM – **Total Productive Maintenance**, São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989.

PINTO, Alan Kardec. Manutenção Empresarial. **Revista Manutenção**: Revista oficial da ABRAMAN. Rio de Janeiro, n. 80, mar./abr., 2001.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino. **Manutenção**: Função estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

Revista Manutenção: Revista oficial da ABRAMAN Rio de Janeiro, n. 2002.

VAZ, José Carlos. **Gestão da manutenção**. In: CONTADOR, J. C. **Gestão de operações**: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO **Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável** Niterói, RJ, Brasil, 5 a 7 ago. 2010.

VIANA, Herbert R. Garcia. **PCM Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2004. 228

e-tec

A Manutenção Industrial na Indústria Moderna: uma revisão bibliográfica sobre a gestão da manutenção com os tipos aplicáveis e a indústria 4.0

APARECIDO SERPIÃO DOS SANTOS¹

RESUMO

Este trabalho aborda de forma simples e objetiva os desafios e necessidades da gestão da manutenção na indústria moderna, mais especifico a manutenção preventiva, preditiva, terotecnologia, e detectiva, junto a indicadores de desempenho “os KPIs”, como MTBF, MTTR e Disponibilidade de maquinas e equipamentos, ou seja, dos ativos, dentro do conceito de ferramentas de gestão aliado as novas tecnologias e os desafios do mercado de trabalho e do desenvolvimento de profissionais capazes de atender uma demanda tecnologica mecatrônica de uma indústria cada vez mais automatizadas, instrumentadas que exigem profissionais capacitados em comunicações, redes, metalmecânico e eletroeletônicos.

A abordagem foi feita de forma a instigar e mostrar os desafios do trabalhador bem como as necessidades da indústria e mostra o quanto se faz necessario o desenvolvimento das pessoas na gestão destes ativos e o quanto é desafiador formar profissionais capacitados para tal missão.

Palavras-chave: Manutenção. Industria. Planejamento. Preventivas. Tecnologias.

THE CONTEXT OF INDUSTRIAL MAINTENANCE IN ADVANCED INDUSTRY

ABSTRACT

This paper addresses the challenges and needs of maintenance management in a modern industry in a simple and objective manner, more specifically preventive, predictive, terotechnology, and detective maintenance, along with performance indicators such as MTBF, MTTR, and Availability of Maintenance machines and equipment, that is, assets, within the concept of management tools combined with new technologies and the challenges of the labor market and the development of professionals capable of meeting a mechatronic technological demand of an increasingly automated, instrumented industry require skilled professionals in communications, networking, metalworking and electronics. The approach was designed to instigate and show the challenges of the worker as well as the needs of the industry and shows how much it is necessary to develop people in the

¹ Especialista em Engenharia de Automação, docente Faculdade de Tecnologia SENAI - Londrina; aparecido.serapiao@sistemafiep.or.br.

management of these assets and how challenging it is to train qualified professionals for this mission.

Key words: Maintenance. Industry. Planning. Preventive. Technologies

1 INTRODUÇÃO

A indústria no Brasil e no mundo sofre transformações, a evolução industrial caminha a passos rápidos a partir do século XX e ainda mais veloz no século XXI e a transformação da manutenção a cada dia se faz necessário para atender as demandas da indústria moderna 4.0, a competitividade em um mundo global provocou uma corrida pela busca incessante de novas tecnologias, desenvolvimentos de produtos, máquinas, equipamentos e processos, sempre pensando em melhorar a qualidade, aumento da produtividade, diminuição dos custos para aumentar a margem de lucro e ter preços mais competitivos.

Novas tecnologias, indústrias todas instrumentadas e monitoradas em redes e supervisórios, internet das coisas, aplicativos, servo acionamentos, controle robóticos e eficiência energética são alguns exemplos da necessidade do conhecimento, o mercado profissional desenvolve nas engenharias modernas como engenharia de produto, processo, química, alimentícia, elétrica, eletrônica, software, mecânica, produção e de automação, todas bate as nossas portas, será que estamos preparados? O nível de nossos profissionais é o que fará esta diferença.

E é no mercado de trabalho o grande problema e também a solução para que este desenvolvimento aconteça de forma pulsante e virtuosa, os investimentos nas transformações tecnológicas e no nível técnico e científico governamental e empresarial é o que se pode definir se uma cidade, estado ou país poderá sobreviver neste mercado global aonde produtos atravessam oceanos e chegam competitivos em cada região do nosso planeta, em pleno século XXI encontramos indústrias antigas com profissionais ainda artesanais que operam máquinas de 20 30 anos e já sem peças de reposição, catálogos e até mesmo fornecedores ao mesmo tempo em contraste com indústrias modernas como altas tecnologias com a necessidade de profissionais atualizados capazes de utilizar de forma técnica e assertiva equipamentos com altas tecnologias e processos altamente complexos.

O desenvolvimento da mão de obra para este mercado novo que necessitam de profissionais que aprendem rápido e que buscam o desenvolvimento a novas tecnologias, metodologias e ferramentas de gestão em um mercado cheio de normas e exigências cada vez maiores se torna o grande desafio de hoje.

O objetivo deste trabalho é fazer uma abordagem através da revisão bibliográfica a fim de expor as necessidades da gestão, auxiliando e contribuindo com os profissionais de manutenção industrial, dentro das novas necessidades do mercado de trabalho, seja tecnológico, técnico e principalmente da gestão da manutenção e manutenção dos ativos nas indústrias.

Faz-se necessário esta abordagem a fim de abrir mais discussões sobre este assunto a fim de colocar necessidades, dificuldades, auxiliando, empresários, trabalhadores, alunos e instituições educacionais a abordarem ainda mais este assunto tão importante para o desenvolvimento de um país.

A manutenção industrial é parte fundamental deste desenvolvimento dentro deste contexto novo da indústria e a gestão da manutenção dos ativos não pode ficar em segundo plano, levado como custos e sim como investimento, por ser uma das partes fundamentais para ganho de produtividade dentro da concorrência global.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A evolução da manutenção

A evolução histórica da manutenção e dos processos industriais é abordada por Moubray (2000 apud Nunes 2001 p.10) que com base em três gerações distintas. A primeira geração representou a ênfase no conserto após a falha. A segunda geração, por sua vez, esteve associada ao surgimento de maiores exigências com relação à disponibilidade operativa e a vida útil dos equipamentos, a custos menores. Já a terceira geração, que se refere aos tempos atuais, diz respeito aos requisitos característicos, como: maior disponibilidade, confiabilidade, segurança e vida útil, com ausência de danos ao meio-ambiente e ações de manutenções eficazes, aliadas aos custos envolvidos.

A evolução continuou com a quarta geração dentro do aumento da manutenção preditiva monitoramento das condições dos equipamentos e manutenibilidade e com a quinta geração com o gerenciamento dos ativos, planejamento do ciclo de vida projetado para reduzir falhas e excelência em engenharia de manutenção.

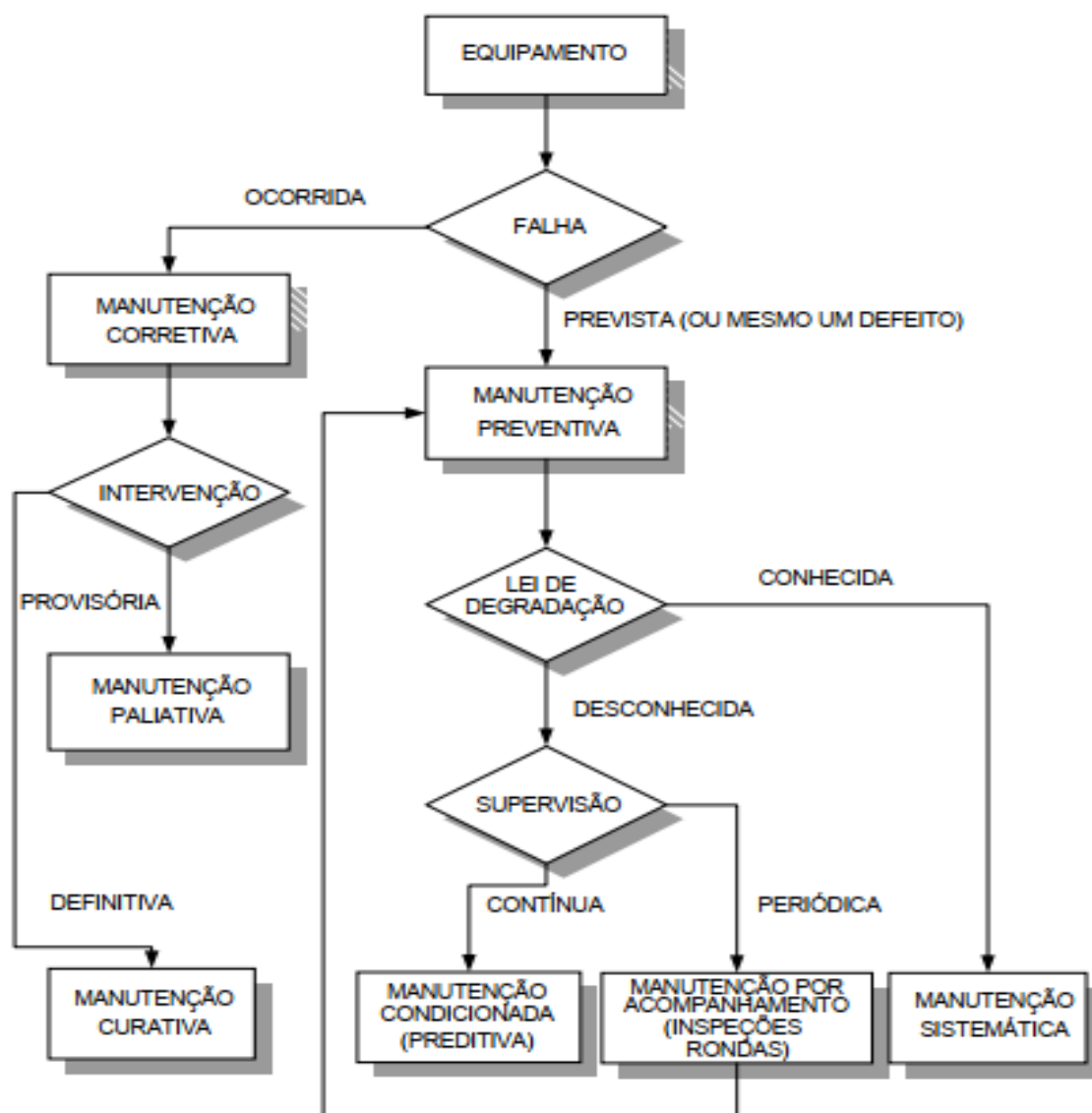
2.2 Tipos de manutenção

A varias formas de tratar um ativo, seja ele novo ou usado, o tipo de manutenção pode variar conforme a criticidade, valor, risco de segurança, risco ambiental, gargalo de

processo, (KPIs) de desempenho e curva da banheira, portanto, qual a melhor manutenção? A resposta irá depender de qual é a sua necessidade.

É sempre interessante modelar a criticidade através de um fluxo, classificar as máquinas e os equipamentos e definir como tratar cada um, seja, na entrega de um novo equipamento com a aplicação da Terotecnologia, na manutenção corretiva, preventiva, preditiva ou detectiva como na manutenção baseada e ou centrada na confiabilidade. O importante é saber que cada indústria é única porém é muito importante se comparar com os melhores, sempre pensando em uma melhoria contínua, sabendo que os resultados são em longo prazo.

Figura 1 – Tipos de manutenção



Fonte: Adaptado de MONCHY (1989 apud NUNES 2001)

De acordo com Nunes (2001, p. 55) para definir a melhor estratégia a ser adotada em um plano de manutenção, considerando-se as várias formas de manutenção, é

necessário desenvolver uma análise de custo-benefício. Em vista disso, utiliza-se concomitantemente, em uma instalação, as diferentes formas de manutenção, avaliando a função desempenhada pelo equipamento, sua importância no contexto operacional e as consequências das possíveis falhas, que o equipamento possa gerar ao falhar.

2.2.1 Manutenção corretiva

De acordo com Pinto e Xavier (2013, p. 55) manutenção corretiva é a ocorrência de uma pane ou de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

A manutenção corretiva acarreta maiores custos, por não ser esperada ocorrerão às paradas indesejadas, custos maiores na aquisição de peças, manutenções menos eficazes ou de menor qualidade e conseqüentemente perdas de vendas e clientes.

2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é baseada no tempo ou na condição e é medida de forma qualitativa, geralmente baseia-se em um cronograma de atividades, o ato de reapertar, substituir, verificar ou ajustar pode-se ser determinado como preventiva desde que exista planejamento e programação.

Para planejar precisamos definir o que será feito, onde será feito, porque será feito, como será feito e o quanto vai custar e para programar se faz necessário definir quem irá fazer e quando irá fazer.

Para Xenos (1998), a manutenção preventiva é que faz manutenção periodicamente nos equipamentos e deve ser considerado o coração das atividades mantenedoras, pois reduz a frequência de falhas, aumenta a disponibilidade dos equipamentos e diminui as interrupções inesperadas na produção.

De acordo com Viana (2002, p. 10) podemos classificar como manutenção preventiva todo serviço realizado em máquinas que não estejam em falhas, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

Não podemos misturar quebra com falha, pois o equipamento pode estar em falha e operando normalmente, produzindo peças ruins, em baixa velocidade ou em vazio.

2.2.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é a manutenção baseada na quantificação, ou seja, o monitoramento dos equipamentos é realizado por instrumentos como o termográfico, analisador de vibração, análise de óleo e etc., este tipo de manutenção permite elevar a vida útil do ativo.

Segundo Pinto e Xavier (2013, p. 62) manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

2.2.4 Manutenção produtiva total (TPM)

A TPM (Total Productive Maintenance) é uma filosofia desenvolvida pelos japoneses na década de 70 para apoiar o sistema de produção Just In Time. Baseada no conceito de minha máquina cuida eu, aonde o operador é parte fundamental do processo e que o 5S foi à base do início de tudo.

Na prática, quando os operadores não entendem como ocorrem as falhas nos equipamentos, o 5S ficará limitado às áreas óbvias - corredores, passarelas, armários e

prateleiras - e não será praticado nas partes menos visíveis e evidentes dos equipamentos e que realmente precisam do 5S. O 5S que não estiver apoiado por um entendimento dos princípios de funcionamento dos equipamentos será ineficaz como uma medida de prevenção de falhas. (Xenos (1998, p.295).

Em conjunto estudou-se as seis grandes perdas dos equipamentos:

1. Falhas no equipamento;
2. Tempos de setup;
3. Redução de velocidade no processo;
4. Defeitos no processo (Problemas de Qualidade);
5. Tempos de paragem;
6. Redução do output da produção.

Os pilares da TPM demonstra a estrutura edificada que representa a sustentação da organização e deve ser coordenadas pelos gerentes e líderes das equipes que devem ser composta por colaboradores multifuncionais.

Figura 2 – Pilares da TPM



Fonte: KARDEC (1999)

A TPM tem como objetivo principal maximizar a eficiência e a utilização do equipamento, desenvolver um sistema de manutenção proativo, envolver todos os departamentos da empresa na função manutenção, envolver ativamente todos os colaboradores e promover-se através da motivação das pessoas.

Conforme Sousa (2001p. 33) todo o trabalho de implantação dos pilares deve ter como foco as dimensões "PQCDSM" (produtividade, qualidade, custos, atendimento ao cliente, segurança e moral) e as definições dos pilares da TPM são:

1. Melhorias específicas - ajuda a entender as maiores perdas de cada área ou equipamento e a implantar melhorias para reduzi-las.
2. Manutenção autônoma - envolve e ensina os operadores, por meios de trabalhos nos equipamentos, a trabalhar em equipe, a conhecer e trabalhar melhor nos equipamentos. Também ajuda a descobrir deficiências dos equipamentos, através dos planos de limpeza e inspeções, mostrando onde estão as maiores

perdas e, portanto, o potencial de melhorias. Os dois lemas deste pilar são “do nosso equipamento nós cuidamos” e “limpeza e inspeção”.

3. Manutenção Planejada - tem como objetivo aumentar a eficiência do equipamento, buscando a quebra zero.

4. Manutenção de qualidade - busca zerar o número de defeitos que afetam o consumidor. A busca desta redução é feita de duas maneiras: prevenindo e corrigindo os problemas. O grupo de trabalho analisa os defeitos e implanta um plano de ação para que os problemas não voltem a ocorrer. Para prevenir os defeitos, o grupo faz um levantamento de pontos do equipamento que poderão gerar defeitos de qualidade. Estes pontos são chamados de “ponto Q”. Após o levantamento destes pontos, são implantadas melhorias e controles para evitar novos defeitos.

5. Controle inicial - objetiva garantir a melhor performance do equipamento adquirido através de uma abordagem sistemática de especificação, projeto de feedback ao projeto/fornecedores.

6. Educação e treinamento - todo o trabalho de implantação de novas tecnologias exige mudanças nas pessoas. Muito treinamento e educação básica é fundamental. Esse pilar possibilita aumento de conhecimento, desenvolvimento de habilidades e as mudanças comportamentais. As duas ferramentas mais importantes são: “matriz e habilidades” (onde os participantes discutem conhecimentos necessários para executar funções); e “lição ponto-aponto” (que é uma maneira de adquirir e de se transmitir conhecimentos rápidos aos companheiros de equipe, sobre determinado assunto específico, com duração de cinco minutos, aproximadamente).

7. Meio ambiente e segurança trabalho - por sua importância no contexto mundial, não poderia ficar fora do foco principal do TPM. Assim, esse pilar cumpre o objetivo de, através dos auditores ambientais, preservar o meio ambiente das influências negativas que os equipamentos de operação possam trazer. Também aborda a saúde e segurança - objetiva a prevenção de acidentes. Para isso, deve ser elaborado um programa de treinamento preventivo, auditoria de riscos. Gestão visual e de acompanhamento das providências. Dispositivos de segurança devem ser colocados nos locais críticos para evitar acidentes.

8. Melhoria nos processos administrativos - o objetivo deste pilar é aumentar a velocidade e principalmente a qualidade das informações que passam por estas áreas, e eliminar a “papelada” desnecessária.

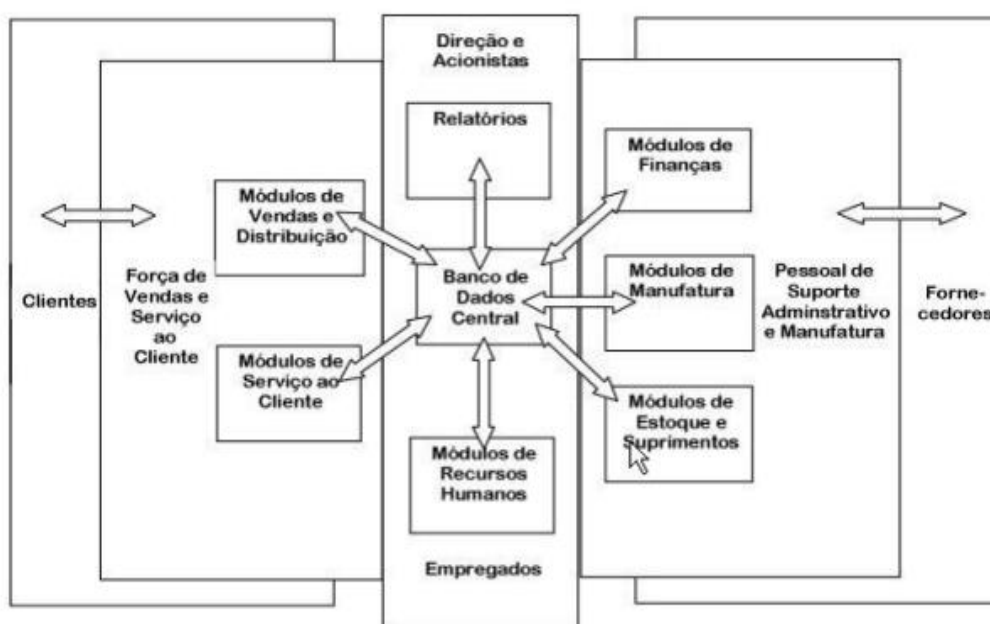
2.3 Software na manutenção (ERP) e indicadores de desempenho

Os Softwares de manutenção (ERP) tem uma grande importância para o gerenciamento da gestão da manutenção e se faz muito necessário no contexto da indústria moderna, auxiliando no planejamento e execução das ações da manutenção, registrando as áreas, máquinas e equipamentos em uma boa árvore genealógica da indústria bem como todo seu tagueamento, registram e gerencia as ordens de serviços corretivas, os planos de manutenção preventivos, suas ações e periodicidades, especificam os tipos de anomalias, tratam aspectos qualitativos para a preventiva e quantitativa para a preditiva, fornecem indicadores de desempenho instantâneos como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio ente reparos (MTTR), porcentagem da

disponibilidade das máquinas e equipamentos, o cumprimento de preventiva, custos por determinados equipamentos entre outros, ou seja, para a manutenção da indústria moderna se faz necessário velocidade nas ações, planejamento rápido, controle e registros das informações, alta velocidade das informações e integração entre toda gestão empresarial.

O coração do sistema ERP é seu banco de dados único e centralizado, onde são coletados e armazenados os dados de toda a organização. Os módulos do sistema suportam virtualmente todas as atividades de negócios, através das funções organizacionais, das unidades de negócios, tanto local, como mundial. Quando a informação nova é gerada em uma unidade de negócio, todas as informações relacionadas são atualizadas automaticamente, permitindo seu compartilhamento (DAVENPORT 1998 apud LIMAS, 2009, p. 35).

Figura 3 – Módulos sistema ERP



Fonte: DAVENPORT (1998 apud LIMAS, 2009)

Na manutenção o sistema ajuda gerenciar planos de manutenção e os indicadores de desempenho.

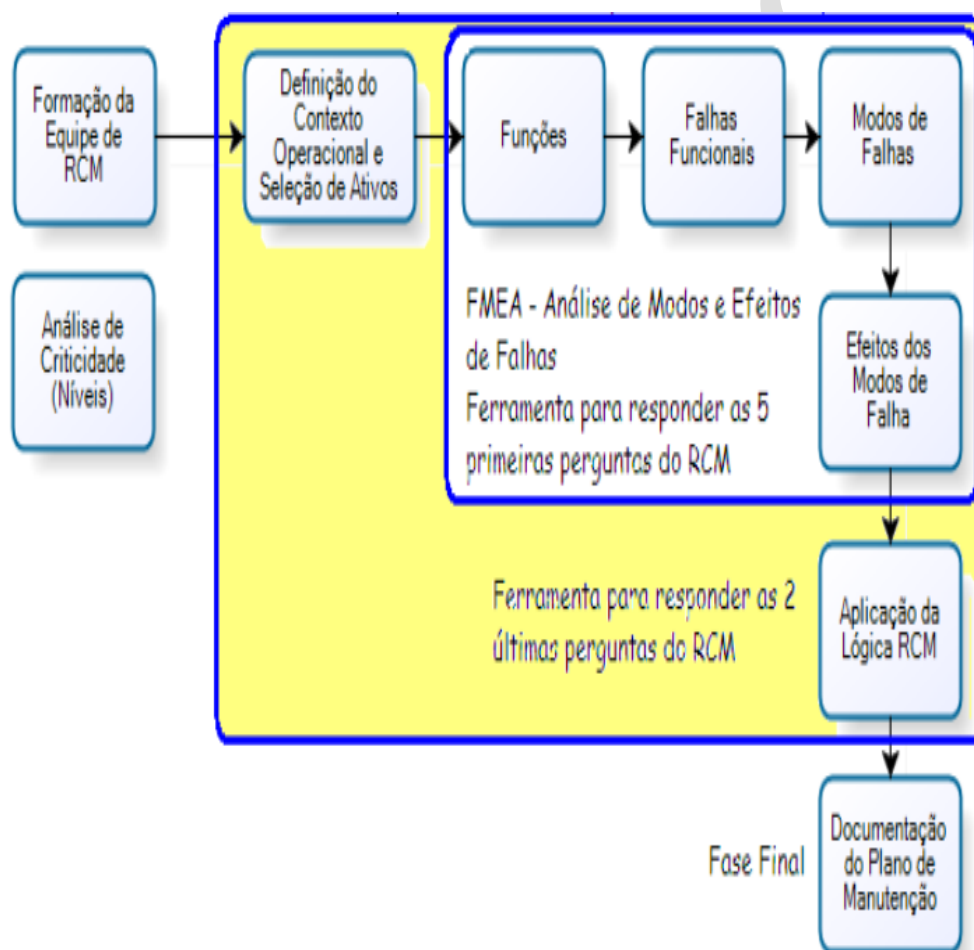
2.4 Manutenção centrada na confiabilidade

Conforme o Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade (Branco Filho, 1996, p.43 apud Laércio Nunes 2001, p.12), "uma falha é o término da capacidade de um equipamento desempenhar a função requerida e um defeito não torna o equipamento indisponível".

A manutenção centrada na confiabilidade se baseia no estudo das falhas, classificando-as para posterior tomada de ações, ações de contenções e ações definitivas, para (Branco Filho 2000, p.41 apud Laércio Nunes 2001, p.18), a MCC “com sua ênfase em otimização documentação, rastreabilidade e continuidade está sintonizada com as mudanças gerenciais que vem processando ultimamente na indústria em geral”.

Uma das ferramentas utilizadas na MCC é a de Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) introduzido para análise de modo e efeito das falhas em linhas gerais, conforme COTNAREANU (1999, p.43 apud NUNES 2001, p.20) pode-se afirmar que a FMEA constitui em uma abordagem simples, sistemática e direta para a identificação das fontes básicas de falhas, suas causas e consequências, verificando os métodos existentes para a detecção ou controle dessas falhas, e, definindo as ações corretivas necessárias para eliminar as causas ou reduzir seus efeitos.

Figura 4 – Processo implementaçãoda MCC ou RCM



Fonte: Adaptado de MARQUÉS ET. AL. (2009 apud LIMA; SANTOS; SAMPAIO 2010).

A documentação no plano de manutenção se faz muito importante para que as ações sejam permanentes no processo de execução da melhoria contínua.

2.5 Mão de obra no Brasil

A Mão de obra no Brasil ainda carece de conhecimento para atender a demanda a esta nova indústria moderna e competitiva, com as novas tecnologias seja mecânica, elétrica, eletrônica, a automações, os softwares de integração, a instrumentação junto à supervisórios e a comunicação em redes aliado a uma grande necessidade de armazenamento de dados inserido em uma transformação digital e a internet das coisas, além é claro das metodologias aplicadas às técnicas e a gestão da manutenção.

Pensando neste novo conceito se faz necessário um avanço na educação e uma valorização das instituições de ensino tecnológico, junto à políticas governamentais para que o profissional da indústria e em especial o de manutenção consiga conhecer estas tecnologias e praticar as metodologias da engenharia de manutenção.

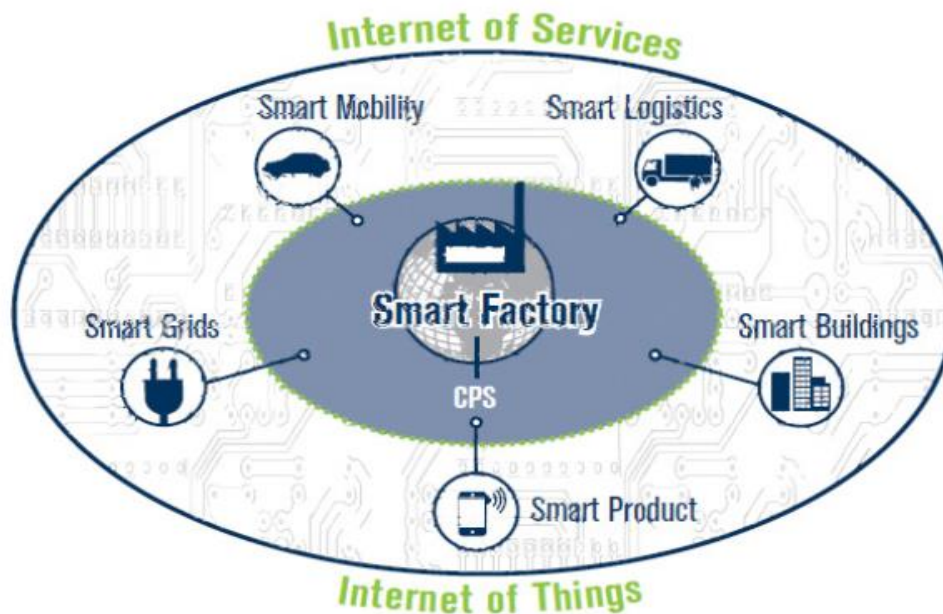
Engenharia de Manutenção - “é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida”. Ou seja, é deixar de ficar consertando — convivendo com problemas crônicos —, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Quem só faz a manutenção corretiva continua “apagando incêndio”, e alcançando péssimos resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente estará executando-a engenharia de manutenção (XAVIER, 2003, p. 5).

2.6 Indústria 4.0

O termo indústria 4.0 teve início na Alemanha, através da associação de representantes do governo, empresas e Instituições educacionais a fim de abordar e aprimorar a competitividade da indústria alemã.

Segundo KAGERMANN ET. AL. (2003 apud Azevedo p.43) a indústria 4.0 cria o que tem sido chamado de *smart factory*, que é uma fábrica inteligente com uma estrutura modular em que os sistemas ciberfísicos monitoram processos físicos, criando-se uma cópia virtual do mundo físico – e tomam decisões descentralizadas; fazem o uso intenso de sistemas ciberfísicos e internet das coisas, que se comunica entre si e com humanos em tempo real. Os serviços internos da fábrica inteligente e entre organizações que compõem o ciclo são oferecidos e praticados no âmbito da cadeia de valor.

Figura 5 – Fabrica Inteligente



Fonte: Adaptado de KAGERMANN (2013 apud AZEVEDO 2017)

3 METODOLOGIA

Com base nas pesquisas bibliográficas, foram explorados os conceitos de gerenciamento e administração da manutenção na busca das necessidades do profissional moderno e os desafios das técnicas para a gestão de ativos que cada vez mais possuem novas tecnologias o que exigem um maior conhecimento do profissional para realizar o gerenciamento da manutenção planejada de forma eficaz dentro da indústria moderna.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Orçamento

Fica claro que a pergunta a ser respondida é quando aplicar, qual técnica aplicar, qual a melhor manutenção e quanto custam isso?

A resposta é muito clara, todas elas podem ser aplicadas ao mesmo tempo, mas toda indústria esta preparada para aplica-las?

O orçamento é um fator muito importante na indústria, e é o que ira permitir modular entre as formas de gerir a manutenções. Também é claro que todas as indústrias gostariam de ter uma engenharia de manutenção, mas se não é possível o importante é ter um orçamento viável do ponto de vista contábil para poder gerenciar as necessidades de

forma técnica e não apenas financeira, quando as decisões são tomadas apenas do lado financeiro a probabilidade dos custos serem maiores se tornam muito mais alto e a saúde financeira da empresa pode piorar não apenas nos gastos com os equipamentos, mas também na perda de vendas e de clientes.

4.2 Mão de obra

A estrutura das empresas em muitas vezes não são suficiente para preparar sua equipe e aí entra as instituições de ensino e governo para poder fomentar esta ideia o que pode vir ajudar muitas pequenas e médias empresas, pois é claro que empresas de grandes orçamentos arrastam os melhores profissionais e é somente com muita oferta de profissionais qualificados que facilitaria as pequenas e médias empresas contidas neste contexto.

4.3 Tipos de manutenção

Muitas indústrias nos países subdesenvolvidos ainda estão longe da indústria 4.0, mas nem por isto não possam aplicar técnicas de preventiva, preditiva e a manutenção detectiva, é claro que sem ao menos um analista de manutenção para planejar e controlar planos de manutenção, indicadores de desempenho, registros de documentos, a dificuldade fica maior. Algumas atividades podem ser terceirizadas principalmente dentro da manutenção preditiva como a análise de óleo de um transformador, ou de um dispositivo de acionamento hidráulico, bem como a termográfica em equipamentos elétricos e até mesmo uma análise de vibração em um mancal.

4.4 Indústria 4.0

Muitas indústrias com maiores orçamentos e ou com um bom planejamento a médio e longo prazo podem partir para este nível, é claro que investir em softwares de integração (ERPs), indústria toda instrumentada com dados reais monitorados em supervisórios, com uma boa comunicação e grande capacidade de armazenamento de dados, aplicado a uma boa rede de comunicação dos dados em tempo real faz toda a diferença na agilidade e tomada de decisões, com profissionais preparados dentro de uma metodologia TPM, manufatura classe mundial é sonho de qualquer empresa, mas é preciso sonhar, é preciso planejar, investir tecnicamente em equipamentos e mão de obra e valorizá-la para reter estes talentos, para isto é necessário que dentro do organograma desta organização tenha pessoas estudadas e preparadas para buscar e manter a melhoria contínua, dentro da gestão de pessoas, gestão de ativos e gestão de recursos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo, pode se afirmar que as manutenções nas indústrias são complexas, porém não impossíveis de se obter bons resultados e que pequenas técnicas como, por exemplo, uma classificação de máquinas através de um fluxo de valor pode auxiliar e ajudar em muito a gestão dos ativos, claro que em um universo plural dentre a qual encontramos várias gerações de desenvolvimento da indústria e da manutenção o mais importante é situar-se e buscar o Benchmarking no mercado, estar vivo em tempos atuais já é um grande feito, porém é preciso melhorar continuamente, a gestão da manutenção deve ser olhada de forma não mais como custo e sim como investimentos, orçamento adequado e um bom plano de investimento a médio e longo prazo e que bem executado de forma sustentável é o caminho para a sobrevivência.

Também é visível que com o estudo, pode se notar que muito aí está por se oferecer, em termos de tecnologia, automação, integração, comunicação e armazenamento de dados e que a indústria 4.0 veio para ficar, uma indústria moderna com controles e dados instantâneos que permite tomada de decisões em tempo real, melhorando o processo de fabricação, a qualidade dos produtos e a produtividade, em tempos que o custo está cada vez mais nas alturas e lucro cada vez menor, não se pode fechar os olhos para o futuro que já nos aponta como presente e fica claro que o passo para crescer só virá com uma boa gestão e que a manutenção faz parte deste contexto.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. T. **Transformação** digital na Indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil. (Doutorado em Ciências Engenharia de Sistemas Eletrônicos) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo, SP, 2017.

GUELBERT, M. (s.d.) **Estruturação** de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa do segmento automotivo. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

NUNES, E. L. **Manutenção** centrada em confiabilidade: análise da implantação em uma sistemática de manutenção. Dissertação (Pós graduação em Engenharia) - UFSC, Santa Catarina, 2001.

LIMAS, C. E. A. **Sistema** integrado de gestão ERP: benefícios esperados e problemas na implantação em pequenas empresas brasileiras. Dissertação (Mestre em Engenharia Produção) - Ufpr, Ponta Grossa, 2009.

LIMA, J. R. T., Santos, A. L. B, Sampaio, R.R. **Sistema** gestão da manutenção: uma revisão bibliográfica visando estabelecer critérios para avaliação de maturidade. Dissertação (xxx encontro nacional de engenharia de produção) - ABEPRO, São Carlos, 2010.

PINTO, A. K; XAVIER, J.N. **Manutenção** função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

SOUZA, J. C. **Manutenção** na indústria extrativa mineral: a metodologia TPM como suporte de mudança. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - UFSC. Florianópolis, 2001.

XENOS, H. G. **Gerenciando** a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento** e controle de Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

Implementação de redes neurais artificiais para estimativa de potência e torque em geradores de indução para sistemas de micro geração distribuída

Wesley Candido da Silva¹

Renato Kazuo Miyamoto²

RESUMO

Em aplicações industriais, os motores de indução são amplamente utilizados por características consolidadas, como robustez e baixo custo de manutenção. Em sistemas de geração distribuída que utilizam geradores de indução, ou seja, motores de indução operando com velocidade superior à síncrona, o comportamento característico do torque eletromagnético deve ser considerado, visando uma maior eficiência do sistema proposto. Assim, a potência fornecida à rede elétrica deve ser inferior à potência do gerador, devido à perdas oriundas do processo de conversão eletromecânica de energia. As redes neurais artificiais são mecanismos autônomos capazes de estimar parâmetros por meio de dados de treinamento, possuindo fácil implementação e baixo custo. Este trabalho aplica uma rede neural artificial do tipo perceptron com entradas atrasadas no tempo (TDNN-Time Delay Neural Network) com o objetivo de estimar o comportamento do torque e da potência em sistemas com geradores de indução. Os dados de entrada da rede são as correntes trifásicas que são tratadas e treinadas a partir de respostas de torque esperadas via simulação. A validação da Rede Perceptron Multicamadas, foi realizada para novos dados coletados sobre um sistema com tensão de alimentação em desequilíbrio de 5% e com a inserção de harmônicas de 2° e 3° ordem, sendo estes, valores jamais treinados na rede. Os resultados foram considerados satisfatórios, com erro de 0,8% em regime permanente, e 2,5% em transitório.

Palavras-chave: Redes Neurais Artificiais, TDNN, Inteligência Artificial, Gerador de Indução.

¹ Especialista, wesley.candido@sistemafiep.org.br

² Mestre, renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR POWER AND TORQUE ESTIMATION IN INDUCTION GENERATORS FOR DISTRIBUTED MICRO GENERATION SYSTEMS

ABSTRACT

In industrial applications, induction motors are widely used for consolidated characteristics such as robustness and low maintenance cost. In distributed generation systems that use induction generators, ie induction motors operating at higher than synchronous speed, the characteristic behavior of the electromagnetic torque should be considered, aiming at a higher efficiency of the proposed system. Thus, the power supplied to the power grid must be lower than the generator power, due to losses arising from the electromechanical energy conversion process. Artificial neural networks are autonomous mechanisms capable of estimating parameters through training data, having easy implementation and low cost. This work applies a Time Delay Neural Network (TDNN) type perceptron artificial neural network to estimate torque behavior and power in induction generator systems. Grid input data is like three-phase currents that are treated and trained from expected torque responses via simulation. The validation of the Multilayer Perceptron Network was performed for new data collected about a system with 5% unbalanced supply voltage and a damage insertion of 2° and 3°, which are values already trained in the network. The results were considered satisfactory, with an error of 0.8% in the steady state and 2.5% in the transient.

Key words: Artificial Neural Networks, TDNN, Artificial Intelligence, Induction Generator.

1 INTRODUÇÃO

Os motores de indução trifásicos (MIT) são classificados como a principal fonte de conversão de energia elétrica em motriz. Em particular, os motores tipo gaiola de esquilo possuem uma elevada aplicação industrial justificada por sua robustez e baixo custo (Awadallah and Venkatesh, 2015).

No âmbito atual brasileiro, em que muito se fala em eficiência energética, os motores de indução são responsáveis por elevada parcela de consumo de energia. Segundo estudo da (PROCEL, 2009) os MITs são responsáveis por 49% da energia elétrica consumida no país. Uma pesquisa do EPE (Empresa de Pesquisa Energética) relata que em 2014 houve aumento no consumo energético brasileiro em 2,1% (Ong, 1998).

Motivado por esta elevada fatia de demanda energética, uma alternativa no âmbito de micro e mini geração de energia são os geradores de indução (GI). Diversas implementações de geração de energia adotam geradores síncronos por desconhecimento das técnicas necessárias para correto funcionamento do gerador de indução. O motor de indução com rotor gaiola de esquilo pode ser empregado de maneira eficaz e com elevado custo-benefício em pequenas centrais hidrelétricas e sistemas de cogeração para potências de até 30 kVA. Todavia, projetos de até 50 kVA para operação isolada e 100 kVA para interligada, são factíveis.

A máquina de indução opera como motor quando trabalha abaixo da velocidade síncrona e como gerador quando funciona acima da velocidade síncrona. Para correto manuseio e aplicação desse tipo de sistema na rede elétrica, é necessário conhecer o comportamento dos parâmetros de saída, tais como torque eletromagnético e potência gerada.

A proposta abordada é desenvolver um sistema de estimativa da potência e torque concebidos pela implementação de um gerador de indução. Esse sistema é baseado em uma rede neural artificial que analisa dados de entrada de corrente elétrica, e estima a partir desta análise, o conjugado de saída e velocidade. Sabe-se que a potência fornecida é o produto vetorial do torque eletromagnético e velocidade da máquina. O modelo proposto é proficiente podendo ser implementado em hardware por não exigir alto poder de processamento. A implementação e validação será realizado em ambiente computacional Matlab®/Simulink.

2 GERADOR DE INDUÇÃO

A geração assíncrona foi eventualmente empregada desde o início do século XX e seu uso ausentou-se nos anos 60. Na década de 70, com a considerável elevação do preço do petróleo e energia elétrica aliado com o uso racional de fontes alternativas, a utilização destes sistemas voltou a ser bem visto (Awadallah and Venkatesh, 2015).

O MIT atua como motor na zona de operação abaixo da velocidade síncrona e como gerador quando trabalha acima da velocidade síncrona. Apesar do estudo e comprovação de inúmeros métodos para melhora da performance desses sistemas, qualquer motor de indução sob estas condições pode fornecer energia para rede (Ong, 1998).

Quando o MIT opera como gerador seu eixo recebe potência mecânica por meio de uma máquina primária, e tal potência, após subtração das perdas se converte em energia elétrica. As perdas no gerador são divididas em três grupos: as perdas mecânicas, podemos considerar o atrito e ventilação como fatores elementares; as perdas no núcleo causadas por efeito de histerese e corrente de Foucault; e por fim as perdas por efeito Joule que são originadas pela resistência ôhmica do estator e rotor. A Figura 1 ilustra os modos de operação do MIT.

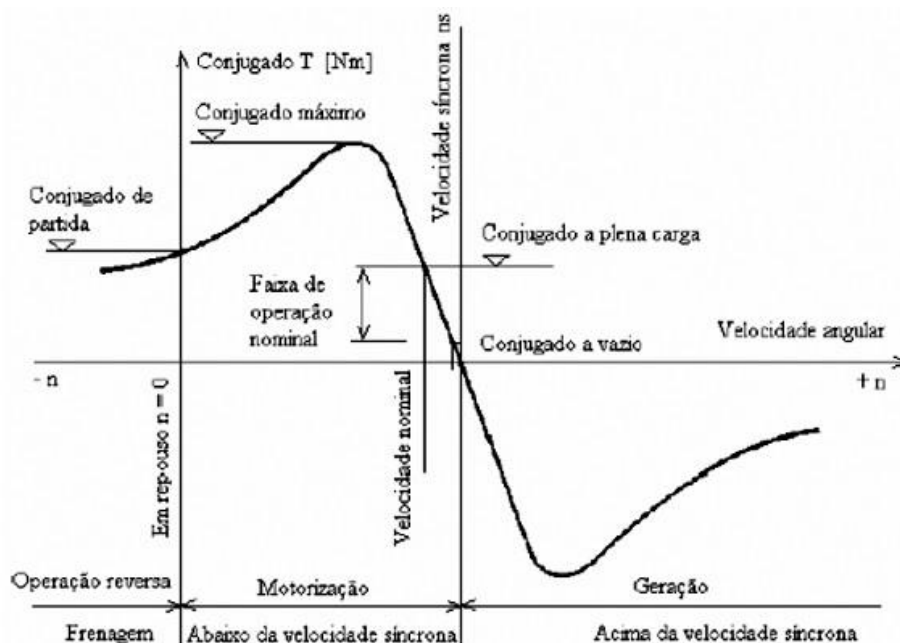


Figura 1: Curva Conjugado x Velocidade do MIT

Uma máquina de indução não é suscetível de entregar a mesma potência ativa no modo gerador para a rede, do mesmo modo que absorveria trabalhando como motor, pois com o aumento das perdas, o MIT trabalha muito próximo da região de saturação.

A potência fornecida pela geração é dada pela equação 1.

$$P = T \cdot \omega \quad (1)$$

Onde T é o torque eletromagnético em $[N.m]$ e ω é a velocidade do rotor em $[rad/s]$.

3 APLICAÇÃO DAS REDE NEURAIIS ARTIFICIAIS

As redes neurais artificiais são um conjunto de ferramentas computacionais inspiradas no sistema nervoso de seres vivos. Possuem a capacidade de aquisição e manutenção de conhecimento a partir de informações injetadas na rede. Podem ser definidas como conjunto de unidades de processamento, caracterizadas por neurônios artificiais, estes estão interligados por sinapses artificiais (Da Silva et al., 2010).

Para a estimação da potência fornecida na implementação proposta, foi utilizada uma Rede Perceptron Multicamadas (PMC) com entradas atrasadas no tempo. As redes Perceptron de múltiplas camadas tem sua identificação atribuída pela presença de pelo menos uma camada intermediária de neurônios, localizada entre a camada de entrada e respectiva camada neural de saída, portanto as PMCs possuem no mínimo duas camadas de neurônios distribuídos entre as camadas intermediárias e a camada de saída. Suas aplicações são as mais variadas entre as mais utilizadas estão aproximação universal de funções, previsão de series temporais e reconhecimento de padrões redes (Da Silva et al., 2010).

O algoritmo de treinamento possui dois passos: o primeiro, denominado propagação aplica-se os valores a entrada da RNA e verifica-se a resposta. O valor da camada de saída é comparado com o valor desejado. O segundo passo é feito de maneira inversa, ou seja, da camada de saída para a camada de entrada. O erro produzido na saída da rede é utilizado como parâmetro para ajuste dos pesos e limiares da rede (Goedtel et al., 2006).

O elemento básico de uma RNA é o neurônio artificial também conhecido como elemento de processamento e sua representação está ilustrada na Figura 2.

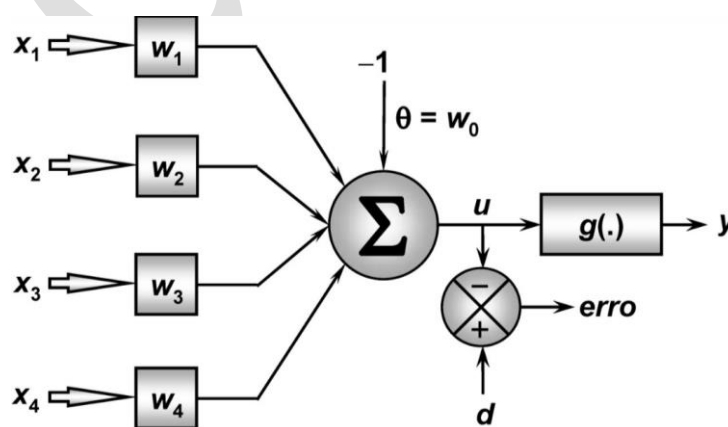


Figura 2: Representação do neurônio artificial.

O equacionamento do neurônio artificial é dado por:

$$v_j(k) = \sum_{i=1}^n X_i \cdot w_i + b \quad (2)$$

Onde:

n é o número de sinais de entrada do neurônio;

X_i é o i -ésimo sinal de entrada do neurônio;

w_i é o peso associado com o i -ésimo sinal de entrada;

b é o limiar de cada neurônio;

$v_j(k)$ é a resposta ponderada do j -ésimo sinal de entrada em relação ao instante k ;

$g(.)$ é a função de ativação do j -ésimo neurônio;

y é o sinal de saída.

Cada neurônio artificial é capaz de computar os sinais de entrada e a respectiva saída. A função de ativação usada para calcular o sinal de saída é tipicamente não-linear. As redes neurais que processam dados analógicos, que estão envolvidas nesta aplicação, têm como função de ativação a tangente hiperbólica pois trabalha com valores de corrente negativa. O processo de ajuste dos pesos da rede w_{jt} associados ao j -ésimo neurônio de saída é feito pelo cálculo do sinal de erro em relação à k -ésima iteração ou ao k -ésimo vetor de entrada. Este sinal de erro é calculado pela seguinte equação:

$$e_{j(k)} = d_{j(k)} - y_{j(k)} \quad (3)$$

Onde $d_{j(k)}$ é a resposta desejada do j -ésimo neurônio de saída. Somando todos os erros quadráticos produzidos pelos neurônios de saída da rede em relação a k -ésima iteração, temos

$$E(k) = 1/2 \sum_{j=1}^p (e_j)^2(k) \quad (4)$$

Onde p é o número de neurônios da saída. Para uma configuração de pesos ótima, $E(k)$ é minimizado pelo ajuste dos pesos sinápticos w_{ji} (Goedtel et al., 2006).

3.1 Rede PMC na Estimativa de Parâmetros

A utilização das redes neurais artificiais em predição de sistemas dinâmicos tem obtido resultados promissores em todas as áreas de atuação. As amostras de corrente são tratadas para que a rede funcione com entradas atrasadas no tempo. A rede PMC com entradas TDNN é uma classe das redes Perceptron empregada para sistemas dinâmicos, cujos comportamentos são variantes no tempo ou dependentes dele. Idealizada por Lang & Hinton em 1988, são definidas na arquitetura *feedforward* de camadas múltiplas, sem qualquer realimentação das saídas dos neurônios com a primeira camada.

A rede utilizada tem entrada estipulada com dez amostras de pico da corrente no domínio da frequência para estimativa do próximo valor de conjugado eletromagnético e velocidade, assim sucessivamente conforme janelamento de atraso temporal.

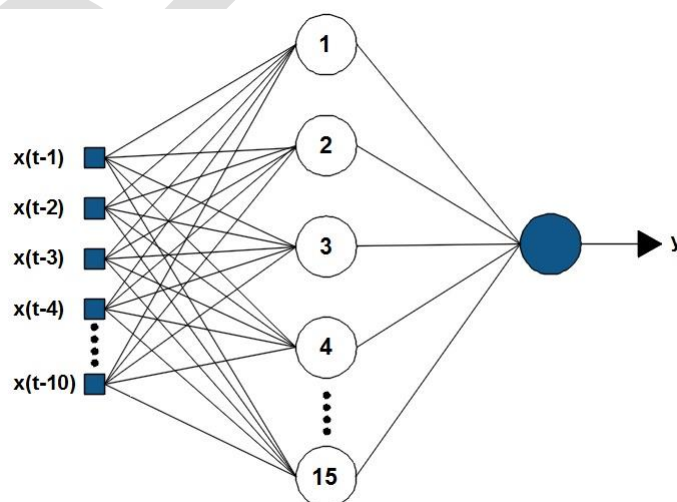


Figura 3: PMC com 15 neurônios na camada escondida.

Após execução do janelamento das amostras de entrada visando o atraso temporal, usou-se uma rede PMC com treinamento supervisionado conforme Figura. 4.

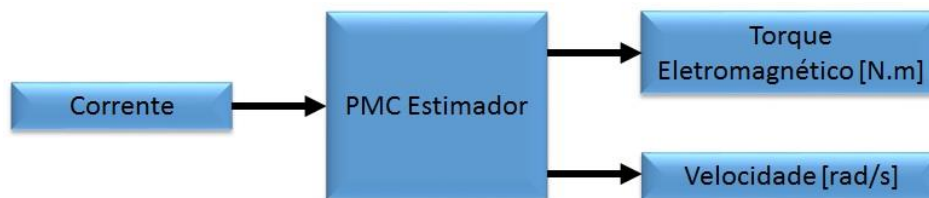


Figura 4: Implementação PMC.

4 METODOLOGIA

O sistema de geração foi implementado em ambiente computacional Matlab®/Simulink para coleta da amostragem de entrada, e as aquisições são valores eficazes das correntes que foram utilizados para treinamento da rede. Foi utilizado dois motores de indução acoplados ao mesmo eixo ambos com 1CV e baixo momento de inércia. O primeiro motor possui velocidade síncrona de 3600 rpm e o segundo motor com velocidade síncrona de 1800 rpm.

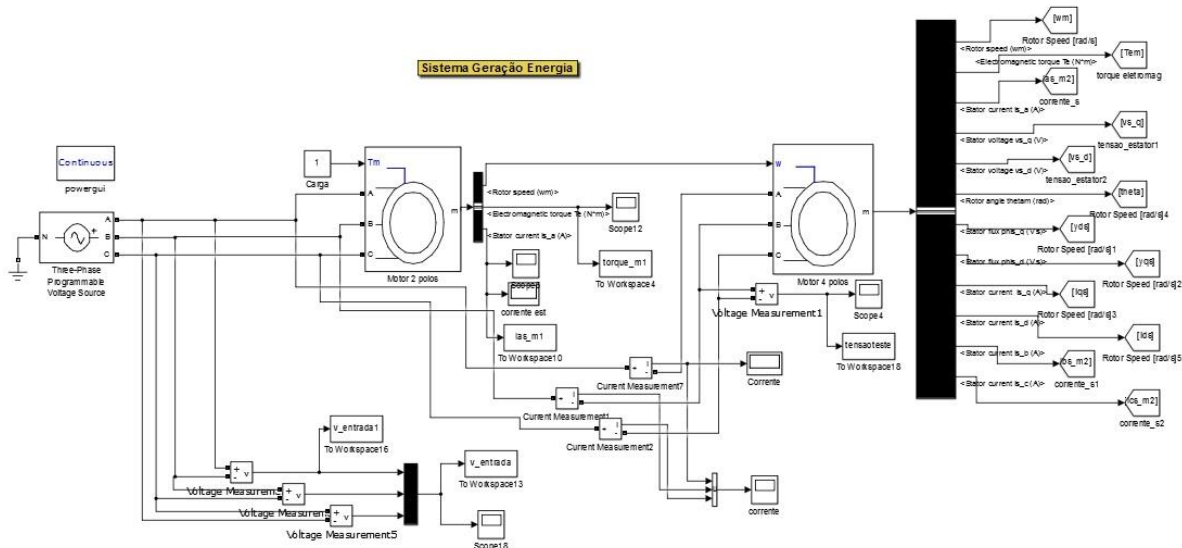


Figura 5: Implementação Sistema Geração.

A Figura 6 apresenta o sistema de geração implementado em ambiente computacional. Os dados coletados foram tratados para inserção na RNA, e o treinamento da rede foi realizado com valores diferentes de camadas e neurônios buscando uma

melhor convergência. A validação da PMC foi realizada para novos dados coletados sobre um sistema com tensão de alimentação em desequilíbrio de 5%.

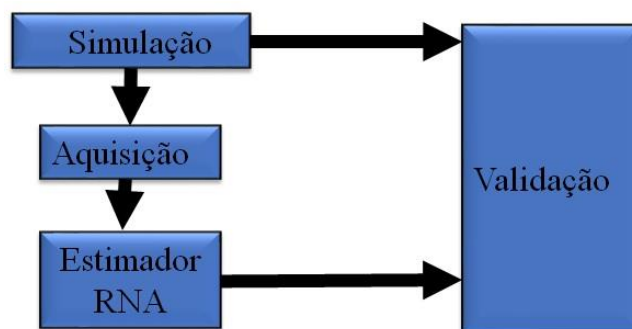


Figura 6: Validação da PMC.

5 RESULTADOS

O treinamento da RNA foi executado após tratamento das amostras de entrada. A rede é constituída por uma camada intermediária com 15 neurônios e o treinamento foi realizado com amostras de tensão trifásica ideal, e com inserção de desequilíbrio de tensão. Para a validação da RNA foi tido como entrada valores de corrente elétrica agora com distorção de 5% na tensão de alimentação. A Figura 7 ilustra as curvas estimadas e simuladas do conjugado eletromagnético.

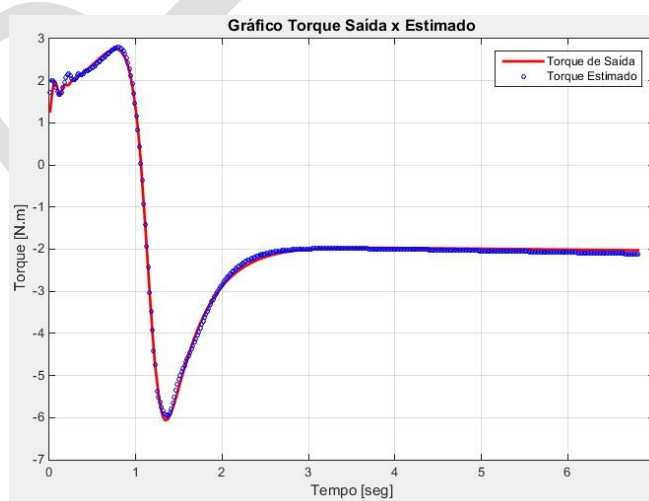


Figura 7: Estimativa do Torque Eletromagnético.

O motor entra no modo de geração rapidamente devido ao baixo momento de inércia considerado para a simulação. Percebe-se a elevada eficiência da rede neural para

estimativa em todos os pontos da curva. A Figura 8 ilustra a estimativa da velocidade de saída.

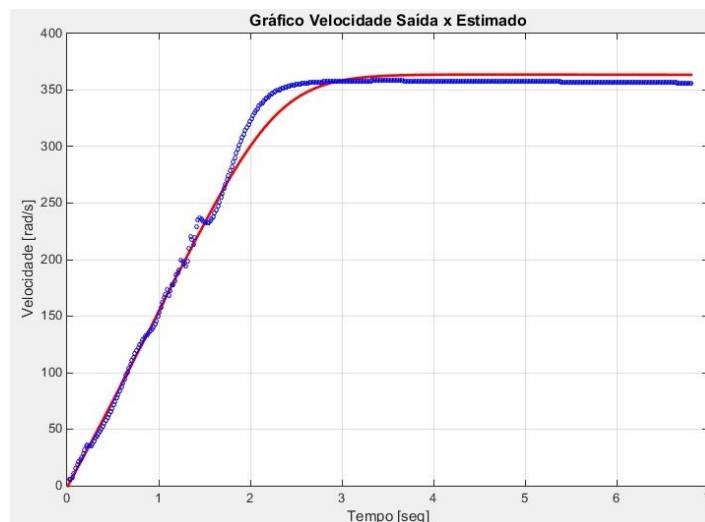


Figura 8: Estimativa do Torque Eletromagnético.

A rede estima com grande precisão a curva da velocidade de saída com erro máximo de 2 rad/s o que representa 0,8% de erro na estimação. Os pontos de inflexão são os mais difíceis para a estimativa porém os resultados obtidos tornam eficiente a rede treinada. Uma nova estimativa da curva de torque foi realizada com distúrbio em amplitude de tensão e inserção de harmônicas de segunda e terceira ordem na alimentação, a validação foi realizada com dados que nunca foram treinados.

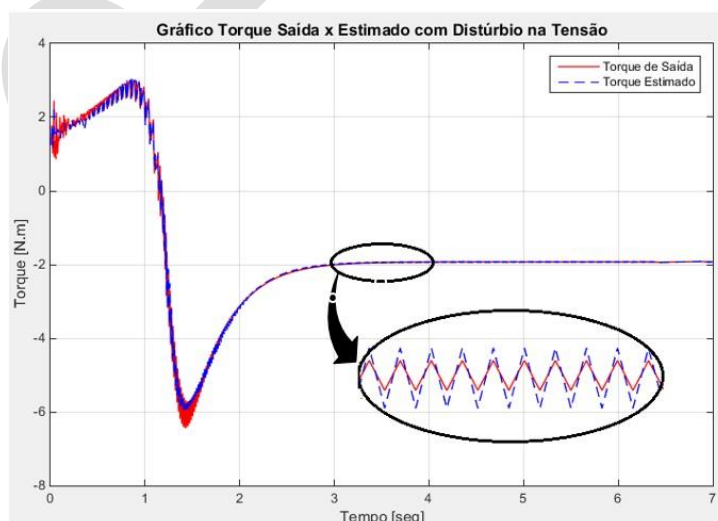


Figura 9: Estimativa do Torque com ripple.

A inserção de harmônicas na alimentação torna o comportamento do torque com elevada oscilação e a RNA mostra-se capaz da estimação deste comportamento. A Figura 10 mostra os erros obtidos na implementação.

Curva	Erro quadrático médio (%)	Variância
Estimação Torque	1,962	0,725
Estimação Velocidade	2,065	0,944
Estimação Torque Ripple	2,530	1,535

Figura 10: Dados da validação.

A Figura 11 ilustra a estimativa da potência de saída resultado da multiplicação de torque e velocidade. A potência no gerador de indução representa uma parcela da potência ativa do sistema, haja vista as perdas por efeito Joule, histerese, corrente de Foucault e perdas no entreferro.

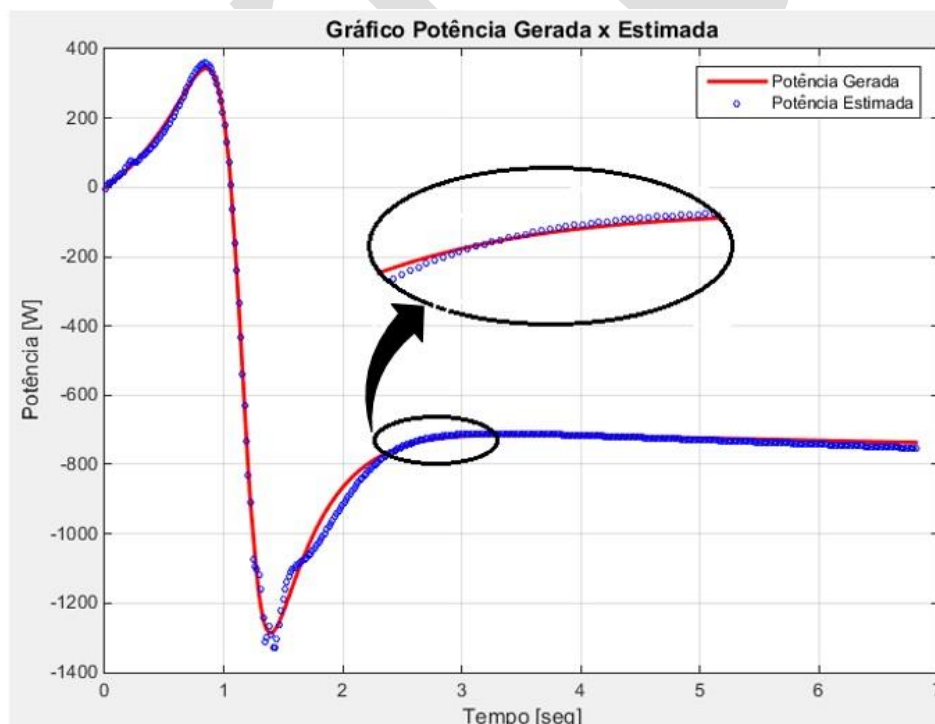


Figura 11: Estimativa do Torque Eletromagnético.

Confirmando o bom desempenho das redes neurais para estimativa de parâmetros percebe-se uma crescente aceitação desta técnica nas mais diversas áreas de aplicação comprovando a versatilidade do método proposto.

6 CONCLUSÃO

A utilização de algoritmos artificiais está tendo grande aceitação em diversas aplicações acadêmicas e industriais por alto poder de precisão, baixo custo de implementação. As redes neurais artificiais são amplamente empregadas no controle e estimação de parâmetros.

Por meio da simulação computacional foi validado uma PMC com estimação de torque, potência e velocidade de um sistema de gerador de indução. O conhecimento e predição do conjugado eletromagnético é essencial para a inserção da máquina na rede, por exemplo, onde é necessário o conhecimento da potência momentânea gerada para obter maior otimização e eficiência energética.

Por fim, percebe-se a aplicabilidade da rede proposta, podendo esta ser configurada para estimativa em qualquer sistema de MITs precisando apenas modificação dos parâmetros de simulação e novo treinamento da rede. O método proposto é eficaz em diversas situações podendo ser facilmente utilizado para técnicas que necessitem da estimação da velocidade, como por exemplo o controle orientado por campo (FOC) para motores de indução que necessite de respostas em baixas velocidades.

REFERÊNCIAS

Awadallah, M. and Venkatesh, B. (2015). Energy storage in flywheels: An overview, *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering* 38(2): 183-193. cited By 0.

Belfedhal, S., Kouadria, S., Berkouk, E. and Meslem, Y. (2013). Flywheel energy storage system with induction machine associated to a variable-speed wind generator. cited By 1.

Da Silva, I., Spatti, D. and Flauzino, R. (2010). *Redes Neurais Artificiais Para Engenharia e Ciências Aplicadas - Curso Prático*, ARTLIBER.

Goedel, A., Da Silva, I. and Serni, P. (2006). *A neural approach to estimate the coordination of induction motors* [uma abordagem neural para estimativa de conjugado em motores de indução], *Controle y Automacao* 17(3): 364-380.

Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*, number v. 10 in *Neural networks and learning machines*, Prentice Hall.

Ong, C. (1998). *Dynamic Simulation of Electric Machinery: Using MATLAB/SIMULINK*, Prentice Hall PTR.

Schmitt, H., Scalassara, P., Goedel, A. and Endo, W. (2015). Detecting bearing faults in lineconnected induction motors using information theory measures and neural networks, *Journal of Control, Automation and Electrical Systems* 26(5): 535-544.

Xu, K. and Wang, X. (2014). Speed sensorless vector control with wavelet neural network for induction motor drive, *ICIC Express Letters* 8(9): 2431-2436. cited By 2.

