

ANÁLISE QUALITATIVA EM MODELO DE REVIEW DO USO DAS REDES NEURONAIS ARTIFICIAIS COMO APOIO NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Félix, B. N. B., bruno.nbfelix@gmail.com¹

Silva, A. C. G. C., anacristina.silva@univasf.edu.br¹

¹Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF Campus Juazeiro, BA, Brasil.

Resumo: Este artigo tem como objetivo esboçar uma revisão de estudos científicos, com aplicações das Redes Neurais Artificiais (RNAs) no processo da Gestão da Manutenção. Baseada em modelos matemáticos – computacionais, as RNAs simulam atividades de um neurônio humano, onde é possível treinar esse computador a reconhecer padrões e prever possíveis resultados importantes na hora de tomar alguma providência sobre as necessidades que venham a ocorrer sobre determinadas atividades ou equipamentos. Visto isso, o presente artigo fará análise descritiva e crítica de artigos, dissertações e trabalhos que tenham como conteúdos principais a Gestão da Manutenção e Redes Neurais Artificiais, principalmente aqueles com ambos os conteúdos. Os trabalhos a serem explorados foram publicados entre 1997 e 2017, e sendo assim necessários para somar na consolidação do corpo teórico deste trabalho, buscando contribuir para o melhor entendimento e uso dessa ferramenta ainda pouco explorada para este fim. Como resultado, fica evidente que as RNAs é uma tendência cada vez mais crescente na consolidação da melhoria contínua na área da Gestão da Manutenção.

Palavras-chave: gestão da manutenção, redes neurais artificiais, inteligência artificial, sistemas de manutenção

1. INTRODUÇÃO

Segundo Higgins (2001), a função da manutenção é ser responsável por garantir desempenho e disponibilidade dos ativos da organização. Trata-se de um fator significativo para seu desempenho e pode gerar restrições para a lucratividade da empresa (Bem-Daya et al., 2009). Sabe-se que a função manutenção exige organização, planejamento, programação, alocação de recursos físicos e financeiros, treinamento e qualidade. Dentro desse contexto cada vez mais exigente, as técnicas de manutenção foram evoluindo gradativamente. Kardec e Ribeiro (2002), classificam a manutenção em seis tipos: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

A economia mundial tem retratado um mercado cada vez mais voraz e disputado entre as companhias, acompanhada de uma maior demanda e exigência de seus clientes por melhores produtos e serviços. Tal cenário tem impulsionado empresas a buscarem novas formas de gerenciamento que as direcionem para se manterem vivas no mercado, investindo em estudos e aplicações de ferramentas orientadas à melhoria do processo produtivo, levando este a um melhor desempenho técnico e operacional (Kardec; Nascif, 2005). Com a modernização e automação dos processos de fabricação e atividades fabris, a manutenção industrial vem ganhando importância nos resultados financeiros das empresas, sendo vista como fonte de lucratividade. São requeridos novos modelos de gestão, uma vez que a manutenção, como os demais setores da empresa, deve ter como principal objetivo contribuir ao core business (Kardec; Ribeiro, 2002).

A Informática vem em constante evolução, trazendo benefícios tecnológicos a todos os seguimentos da sociedade. Os sistemas informatizados substituíram as máquinas de datilografia e equipamentos de comunicação. O ganho de produtividade propiciado pelos computadores é inquestionável. Trabalhos repetitivos são automatizados, operações complexas e demoradas para os humanos são realizadas em segundos, as informações são armazenadas, recuperadas, agrupadas, relacionadas e totalizadas quase que instantaneamente. Os computadores controlam a organização de forma rápida e eficiente, utilizando programas aplicativos e sistemas de informação (Brito et al, 2012).

Mesmo assim, muitas empresas ainda não possuem um software específico para gestão de suas atividades de manutenção. Os custos de aquisição e implantação de um programa são elevados; então, boa parte das organizações acaba por adquirir um programa corporativo, partilhado em módulos, dentre os quais está o de manutenção ou serviços (Pereira, 2009).

O artigo compreende uma revisão teórica que aborda a Gestão da Manutenção as RNAs para em conjunto como forma de eficiência operacional na tomada de decisões.

Redes Neurais Artificiais (RNAs) são técnicas computacionais inspiradas na estrutura neural de organismos inteligentes, e que adquirem conhecimento através da experiência. Uma rede neural é uma estrutura de processamento de informação distribuída paralelamente na forma de um grafo direcionado, com algumas restrições e definições próprias. Os nós deste grafo são chamados elementos de processamento, e suas arestas são conexões, que funcionam como caminhos de condução instantânea de sinais em uma única direção, de forma que seus elementos de processamento podem receber qualquer número de conexões de entrada. Estas estruturas podem possuir memória local, e também possuir qualquer número de conexões de saída desde que os sinais nestas conexões sejam os mesmos. Portanto, estes elementos têm na verdade uma única conexão de saída, que pode dividir-se em cópias para formar múltiplas conexões, sendo que todos carregam o mesmo sinal (Mendonça, 2011).

2. MÉTODOS E OBJETIVOS

O presente estudo utiliza na pesquisa uma abordagem exploratória de caráter qualitativo. Para a classificação da pesquisa quanto à natureza, Vergara (2005), diz que poderá ser de duas formas: qualitativa e quantitativa.

Para Vergara (2005), na abordagem qualitativa, o pesquisador procura aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda – ações dos indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente e contexto social – interpretando-os segundo a perspectiva dos participantes da situação enfocada, sem se preocupar necessariamente com representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito. Assim sendo, a interpretação, a consideração do pesquisador como principal instrumento de investigação e a necessidade do pesquisador de estar em contato direto e prolongado com o campo, para captar os significados dos comportamentos observados, revelam-se como características da pesquisa qualitativa, cujo é a natureza da presente pesquisa.

Como forma de padronizar esse tipo de processo, buscou-se fazer um paralelo o fenômeno pesquisado, os resultados obtidos e uma análise crítica dos resultados. Em tal contexto, foi separado 4 trabalhos que tenham associado a temática Gestão da Manutenção e Redes Neurais Artificiais.

A escolha desses trabalhos foi feita a partir de pesquisas realizadas nos portais do Google Acadêmico e SciELO - Scientific Electronic Library Online, selecionando os trabalhos cujo as temáticas que compreendessem as Redes Neurais Artificiais aliadas a Gestão da Manutenção. Alguns critérios foram adotados para manter a qualidade de avaliação deste trabalho, sendo eles: os trabalhos devem ter sido publicados nos últimos vinte anos (1997– 2017); não serem monografias ou trabalhos de finalizações de cursos de graduação; possuir a temática gestão da manutenção e redes neurais artificiais. Visto isso, a quantidade de trabalhos encontrados para fazer essa avaliação é extremamente baixa, podendo ainda ser considerada para efeito de amostragem, um número insuficiente. No entanto, por ser uma avaliação qualitativa, destacando principalmente a eficiência do recurso Redes Neurais Artificiais aplicado na Gestão da Manutenção, onde o método é mais importante que a quantidade, se buscou avaliar nos trabalhos a comparação dos métodos tradicionais e seus resultados em comparação aos alcançados com as redes neurais.

3. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A manutenção é definida pela NBR 5462 como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo aquelas de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (Drumond, 2004). Ou seja, manter significa fazer tudo o que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido (Xenos, 2004).

Segundo Pinto e Xavier (2001), a organização da manutenção de qualquer empresa deve estar voltada para a gerência e a solução dos problemas na produção, de modo integrado às demais atividades. As atividades de manutenção podem incluir atividades relacionadas com o tratamento das falhas – detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de contramedidas para a sua reincidência. Entretanto, estas devem ser as atividades esporádicas e não podem se transformar no meio de vida das equipes de manutenção. Tratar falhas em equipamentos pode ser um bom negócio somente para as empresas que vivem de assistência técnica, através de venda de peças de reposição e de mão-de-obra. Para aqueles que precisam dos equipamentos para produzir seus produtos e serviços, as falhas são um desastre (Xenos, 2004).

Segundo Furtado (2001), a estrutura da manutenção pode ser de quatro tipos: (i) centralizada, (ii) descentralizada, (iii) mista e (iv) matricial. Considerando que os dois primeiros tipos são conhecidos, e que o terceiro é uma combinação dos dois primeiros, cabem esclarecimentos sobre o tipo matricial. No sistema matricial, o atendimento aos postos de trabalho é realizado por equipes multidisciplinares, objetivando a integração da manutenção com a produção. A organização matricial proporciona maior eficiência e especialização, porém requer mais esforços de concordância a fim de evitar conflitos. Neste caso a manutenção está subordinada ao gerente de manutenção com posição hierárquica igual a gerente de produção (Silva, 2004). O sistema matricial gera uma maior cooperação entre os setores de produção e manutenção, pois forma um grupo de trabalho preocupado com a funcionalidade do processo (Pinto; Xavier, 2001).

Quanto aos métodos de manutenção, conforme Pinto e Xavier (2001) as práticas básicas definem os tipos principais de manutenção como sendo: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva e engenharia de manutenção. Segundo Xenos (2004), o melhor método pode ser a combinação desses métodos, de maneira a garantir uma melhor eficiência dos equipamentos, analisando-se sempre a relação entre o custo da manutenção e o custo total de uma falha.

Viana (2002) define plano de manutenção como o conjunto de informações necessárias para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva, e os distribui em categorias: inspeções visuais; (ii) roteiro de lubrificação; (iii) troca de itens de desgaste; (iv) plano preventivo. Para Pinto e Xavier (2001), o planejamento da manutenção executa as atividades de detalhamento dos serviços (definição das principais tarefas, recursos tempo de execução para cada); micro detalhamento (sistemáticas e máquinas que poderão se constituir em gargalos ou caminhos críticos na cadeia de programação); orçamento dos serviços e facilitação de serviço (análise prévia dos orçamentos e aprovação dos custos).

As informações do plano de manutenção devem ser continuamente revisadas com base nos resultados reais das inspeções, reformas e trocas de componentes e peças, realizadas no chão-de-fábrica. Além disso, os dados de tratamento de falhas precisam ser registrados e analisados, através de um sistema formal de tratamento de falhas. O resultado desta análise é fonte de informação essencial para a elaboração e revisão periódica do plano de manutenção. Uma vez elaborado o plano de manutenção, é possível dimensionar os recursos de mão de obra e materiais de modo a atender exatamente às necessidades de manutenção dos equipamentos. Isto permite otimizar a utilização da mão-de-obra e minimizar o custo do estoque de peças de reposição sem prejudicar a disponibilidade dos equipamentos e sem correr o risco de possuir um grande estoque de peças de reposição, onde existe de tudo, menos o que é necessário (Xenos, 2004).

Considera-se que processos são quaisquer atividades ou conjuntos de atividades que tomam entradas, adicionam valor a elas, e fornecem saídas a um cliente específico. Os processos têm a característica da interfuncionalidade, pois atravessam as fronteiras dos departamentos. Por isso, são chamados de horizontais ou interdepartamentais, já que se desenvolvem ortogonalmente à estrutura vertical típica das organizações departamentalizada. Outra característica importante é sua associação à ideia de cadeia de valor, ou seja, uma coleção de atividades que envolvem a empresa de ponta a ponta com o propósito de entregar um resultado a um cliente ou usuário final (Gonçalves, 2000).

Segundo Hammer (1998), na organização voltada para processos, todos têm uma visão ampla. É o oposto do que ocorreu na Revolução Industrial, que pregava “especialize-se e concentre-se”. As organizações orientadas para processos dizem “veja o quadro maior e tenha um foco mais amplo”. O mesmo autor expõe que a alma da empresa orientada para processos é o trabalho em equipe e a cooperação, assim como a responsabilidade e o desejo de fazer um trabalho melhor.

Segundo Franco (2005), é por meio da análise dos processos que se identificam os problemas relacionados às operações executadas em cada processo e suas causas, fator este de suma importância ao aperfeiçoamento das atividades. Com uma melhor visualização dos processos, através de seus fluxos, é possível identificar as áreas com oportunidades de melhorias e os fatores-chave de cada processo, para atender plenamente aos anseios, tanto dos clientes internos quanto dos clientes externos. O mapeamento tem por finalidade priorizar ações de melhorias, identificando os processos de negócios mais críticos. Por meio desse mapeamento do processo as pessoas podem ver quando, onde e de que forma melhorar o processo produtivo. Sobre essa ótica abordada, fica evidente que a manutenção pode implementar melhorias significativas nos processos, baseada em monitoramento e mapeamento de processos, sendo assim, o departamento de manutenção pode ser considerado um setor estratégico da organização.

4. REDES NEURONAIS ARTIFICIAIS

Segundo Santos e de Carvalho (2008) as Redes Neurais Artificiais (RNA) foram desenvolvidas, originalmente, na década de 40, pelo neurofisiologista Warren McCulloch, do MIT, e pelo matemático Walter Pitts, da Universidade de Illinois. Eles foram os primeiros pesquisadores a tratar o cérebro como um “organismo computacional”, baseado nessa informação os modelos baseados em RNAs consistem em um método para solucionar problemas de IA, a partir do desenvolvimento de sistemas que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas.

A abordagem da RNA é vista como completamente diferente dos sistemas especialistas, como por exemplo a dos ERPs (Planejamento de recurso corporativo ou em inglês Enterprise Resource Planning; ERP), pois nessa abordagem não existe uma base de conhecimento explícita, e sim um conjunto de relações derivadas entre dados. Assim, não se pode afirmar que as redes neurais artificiais possuem conhecimento sobre um domínio específico (Metaxiotis et al, 2004).

As Redes Neurais Artificiais têm sido empregadas com sucesso para resolver problemas diversos e de características gerais, tendo uma grande área de aplicação. Entre as aplicações mais usuais têm-se: Reconhecimento e Classificação de Padrões, Controle, Agrupamento e Aproximação de Funções (Haykin, 1999; Silva, 2010).

Santos e de Carvalho (2008) afirmam que as RNAs são compostas por um grande número de neurônios artificiais que são interconectados em rede para solucionar problemas. A técnica para a solução de problemas é semelhante à utilizada pelos humanos. O neurônio artificial é uma estrutura lógico-matemática análoga a uma unidade de processamento que aceita e combina estímulos de vários outros neurônios artificiais e procura simular a forma, o comportamento e as funções do neurônio biológico.

A Figura 1 mostra um modelo básico de um neurônio j com entrada x_k , pesos sinápticos w_{kj} , nível de ativação J e saída $f(J)$.

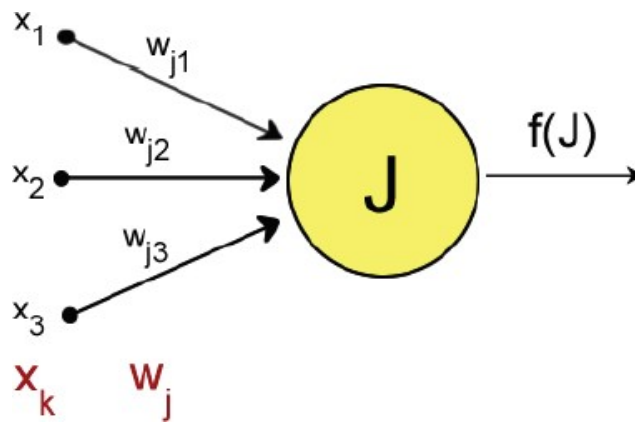


Figura 1. Modelo básico de um neurônio de Santos e De Carvalho, 2008.

Como exibido na Figura 1, cada neurônio j possui um vetor de dados de entrada $x_k = [x_1; x_2; \dots; x_n]^T$, uma ativação interna J , uma função de ativação $f(J)$ e os pesos sinápticos $w_j = [w_{j1}; w_{j2}; \dots; w_{jd}]^T$, que conectam os elementos de x_k ao neurônio j .

O aprendizado das redes neurais ocorre quando há modificações significantes nas sinapses entre neurônios. Uma sinapse é o nome dado à conexão existente entre neurônios. Nestas conexões são atribuídos valores, chamados de pesos sinápticos, que são usados para armazenar o conhecimento (Santos; De Carvalho, 2008).

Santos e de Carvalho (2008) enunciam que para determinar se uma modificação é significativa, verifica-se a ativação dos neurônios. Se determinadas conexões são mais usadas, então estas conexões são reforçadas enquanto que as demais são enfraquecidas.

Há basicamente 4 tipos de aprendizado nas redes neurais artificiais:

- (i) Supervisionado: são sucessivamente apresentadas à rede, conjuntos de padrões de entrada e seus correspondentes padrões de saída. A rede ajusta os pesos das conexões entre os elementos de processamento ('neurônio'), até que os erros entre os padrões de saída gerados pela rede alcancem um valor mínimo definido previamente;
- (ii) Reforço: ao invés de fornecer as saídas corretas para a rede relativas ao treinamento individual, a rede recebe um valor que diz se a saída está correta ou não;
- (iii) Não-supervisionado: a rede analisa os conjuntos de dados de entrada, determina algumas propriedades do conjunto de dados e aprende a refletir estas propriedades na sua saída;
- (iv) Híbrido: as camadas da rede neural podem utilizar o aprendizado supervisionado ou não-supervisionado.

Segundo Metaxiotis et al., (2004) quando uma rede neural artificial é implantada para uma determinada aplicação, é necessário um período para que esta rede seja treinada. Assim como nos sistemas biológicos, aprender envolve ajustes nas conexões que existem entre os neurônios. Em outras palavras, a informação "aprendida" é armazenada na forma de valores numéricos, chamados pesos, que são designados para conexões entre o processamento dos neurônios da rede.

Segundo Luger (2004, p. 394), além das características inerentes ao neurônio artificial, uma RNA pode ser especificada pelas seguintes propriedades: topologia da rede, algoritmo de aprendizagem e esquema de codificação.

A topologia da rede define a forma com que os neurônios da RNA estão estruturados. Haykin (1999, p. 43) sugere três tipos básicos: redes alimentadas-adiante de camada única (single-layer feed-forward networks), redes alimentadas-adiante de multicamadas (multilayer feed-forward networks) e redes recorrentes (recurrent networks).

Com uma rede neuronal estruturada, uma série de valores podem ser aplicados sobre um neurônio, que está conectado a outros neurônios pela rede. Estes valores são multiplicados no neurônio pelo valor do peso de sua sinapse. Então, esses valores são somados. Se esta soma ultrapassar um valor limite estabelecido, um sinal é propagado pela saída (axônio) deste neurônio. Em seguida, essa mesma etapa se realiza com os demais neurônios da rede. Ou seja, os neurônios vão enfrentar algum tipo de ativação, dependendo das entradas e dos pesos sinápticos (Santos; De Carvalho, 2008).

De Medeiros (1999) mostra que as RNAs podem ser categorizadas por sua topologia, isto é, pelo número de camadas, de elementos de processamento e de conexões; pelas características de seus elementos de processamento; e pelas leis de aprendizagem a que foram submetidas.

A Figura 2 apresenta uma arquitetura de uma rede neuronal com 3 camadas.

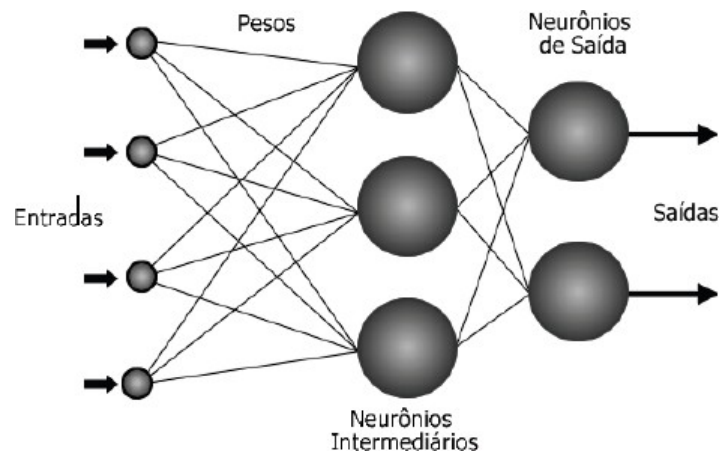


Figura 2. Rede Neuronal com 3 camadas de Santos e De Carvalho, 2008.

A principal vantagem desta tecnologia é que ela pode operar com dados incompletos para gerar e demonstrar a intuição aparente (Metaxiotis et al, 2004). Além disso, com as RNAs é possível trabalhar analogicamente com o cérebro, o que deve ser potencializado dentro de um arcabouço de gerenciamento de conhecimento. Também é possível criar perfis de usuários para permitir informações a serem encaminhadas para indivíduos específicos de acordo com suas preferências e interesses.

Os sistemas de gerenciamento de conteúdo podem obter vantagens desta tecnologia na distribuição e no compartilhamento do conhecimento. Ao invés de simplesmente possuir um modo de distribuição passiva, onde o repositório de conhecimento da organização é fornecido para os indivíduos acessá-lo, um módulo específico pode ser alterado para análise e distribuição do conhecimento para os stakeholders (Metaxiotis et al, 2004).

Por outro lado, uma desvantagem da tecnologia de RNA é o fato de que elas necessitam de entradas para serem apresentadas em diversas formas, assim elas podem estar sujeitas ao peso dos algoritmos de aprendizagem (Metaxiotis et al, 2004). Ao contrário dos sistemas especialistas, que também aceitam símbolos de entrada, isto não está de acordo com o domínio do gerenciamento do conhecimento, que assume um mundo, baseado em entidades e entendimento prático.

5. Exploração e Análise de Resultados Obtidos nos Trabalhos

Devido ao número restrito de trabalhos publicados com aplicações de RNAs na Gestão da Manutenção e para uma análise qualitativa melhor fundamentada, foram selecionados apenas quatro trabalhos, sendo um artigo, duas teses de doutorado e uma dissertação de mestrado, como apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Amostra de trabalhos para análise crítica qualitativa

Trabalhos Avaliados	Título do Trabalho	Autores	Ano de origem
Amostra 1	Previsão de falhas em manutenção industrial usando rede neurais	Torres Jr. R. G.; Machado, M. A. S.; Souza, R. C.	2005
Amostra 2	Desenvolvimento de um sistema de manutenção inteligente embarcado	Gonçalves, L. F.	2011
Amostra 3	Redes neurais artificiais aplicadas à manutenção baseada na condição	Almeida, L. F.	2011
Amostra 4	Utilização de redes neurais artificiais para detecção e diagnóstico de falhas	Rebouças, D. L.	2011

5.1. Resumos das Problemáticas das Amostras.

Para garantir uma melhor avaliação, os textos a seguir são resumos em sua forma integral e plena.

Amostra 1 (Torres Jr. et al, 2005): A aplicação de dois modelos de previsão de falhas em manutenção industrial utilizando Redes Neurais Artificiais (RNA), é o objetivo manifesto deste trabalho. É formada uma série temporal diária, com base num levantamento de 05 anos de intervenções de paradas para manutenções. Assim objetiva-se introduzir estes modelos e verificar sua capacidade de previsão de paradas nos sistemas. Estes dados geram importantes informações que após decisões gerenciais, para que no futuro seja possível intervir num tempo ótimo, visando prolongar o tempo de operação das plantas e, conseqüentemente, aumentar sua disponibilidade. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a aplicabilidade das Redes Neurais nas previsões de falhas. Confirma-se, ainda, a habilidade das RNAs em

efetuar previsão em um conjunto de dados com forte componente de não-linearidade, onde outras técnicas estatísticas têm se mostrado menos eficazes.

Amostra 2 (Gonçalves, 2011): A evolução tecnológica dos sensores, da eletrônica e dos sistemas embarcados melhorou o desempenho, a confiabilidade e a robustez dos sistemas, assim como as atividades de manutenção, em especial, as de manutenção proativa. Estes avanços tecnológicos possibilitaram uma nova visão sobre as práticas de manutenção existentes. A expansão das áreas de processamento de sinais e inteligência artificial proporcionou novas abordagens aos sistemas de controle, promovendo a criação de novos modelos de confiabilidade e disponibilidade de equipamentos e sistemas. Além disso, aumentou a precisão no reconhecimento de padrões de falhas ampliou a avaliação e o diagnóstico de danos em equipamentos e sistemas, e adicionou inteligência aos sistemas de manutenção existentes.

Diversas técnicas de processamento de sinais (tais como a transformada de Fourier), de inteligência artificial (as redes neurais artificiais é a lógica nebulosa por exemplo) e de filtragem adaptativa (os filtros adaptativos, como exemplo) já são utilizadas com sucesso para detectar e prevenir falhas em vários tipos de equipamentos. Os sistemas de manutenção que fazem uso das técnicas de processamento de sinais de inteligência artificial, em conjunto, por exemplo, são conhecidos como sistemas de manutenção inteligente. Através desses sistemas, é possível monitorar as condições físicas, tomar decisões, efetuar ações de manutenção e fornecer diagnósticos precisos de falhas. Este trabalho aborda a implementação de um sistema de manutenção inteligente embarcado que usa a transformada de wavelet packet e os mapas de auto – organizáveis ou os filtros adaptativos para detectar, classificar e prever falhas em atuadores elétricos. A ideia principal deste trabalho é determinar qual destas ferramentas, mapas auto – organizáveis ou filtros adaptativos é a mais adequada para o embarque. Espera-se com a implantação embarcada desse sistema de manutenção por exemplo, evitar falhas nos atuadores e promover uma maior reutilização de peças.

Amostra 3 (Almeida, 2011): Um importante aspecto no processo produtivo é proporcionar o funcionamento das máquinas o maior tempo possível sem o comprometimento na qualidade final do produto. Nesse sentido, a utilização de uma política de manutenção adequada se torna necessária para o monitoramento do desgaste dos componentes das máquinas a fim de aumentar o tempo de sua utilização sem comprometer a qualidade do produto. A manutenção baseada em condição se apresenta como a abordagem mais apropriada para esse controle. Dentre as diversas abordagens utilizadas para o desenvolvimento de programas para esse tipo de manutenção, as técnicas baseadas em Inteligência Artificial vêm se destacando no que diz respeito ao seu desempenho. Diante desse contexto, essa tese propõe uma Rede Neural Artificial, a qual, devidamente parametrizada, possibilita sua aplicação tanto para análise de vibrações quanto análise de partículas de desgaste. Para tanto, foi implementado um protótipo denominado NEURALNET-CBM, subdividido em dois módulos, Vibrações e Partículas. Os resultados dos testes mostram a efetividade da rede proposta, com um índice de acerto acima de 90% na classificação e identificação de defeitos e partículas de desgaste.

Amostra 4 (Rebouças, 2011): Em um processo real, todos os recursos utilizados, sejam físicos ou desenvolvidos em software, estão sujeitos a interrupções ou a comprometimento operacionais. Contudo, nas situações em que operam os sistemas críticos, qualquer tipo de problema pode vir a trazer grandes consequências. Sabendo disso, este trabalho se propõe a desenvolver um sistema capaz de detectar a presença e indicar os tipos de falhas que venham a ocorrer em um determinado processo. Para implementação e testes da metodologia proposta, um sistema de tanques acoplados foi escolhido como modelo de estudo de caso. O sistema desenvolvido deverá gerar um conjunto de sinais que notifiquem o operador do processo e que possam vir a ser pós – processados, possibilitando que sejam feitas alterações nas estratégias ou nos parâmetros dos controladores. Em virtude dos riscos envolvidos com a relação à queima dos sensores, atuadores e amplificadores existentes na planta real, o conjunto de dados das falhas será gerado computacionalmente e os resultados coletados a partir de simulações numéricas do modelo do processo, não havendo risco de dano aos equipamentos. O sistema será composto por estruturas que fazem uso de Redes Neurais Artificiais, terminadas em modo offline pelo software matemático Matlab®.

Como é possível notar, todos os trabalhos têm como ferramenta a aplicação das RNAs nas atividades de manutenção. Cada trabalho aborda de uma forma diferente a atuação dessa IA conforme a sua problemática.

Na Amostra 1, por exemplo, usa séries temporais para minimizar as falhas que gerem manutenção corretiva e evidencia que esta técnica tem mais confiabilidades que outros métodos estatísticos.

Na Amostra 2 dá o destaque a evolução tecnológica apoiando a manutenção proativa com uso das RNAs, trata como proposta um modelo embarcado desse processo prevenção de falhas associados a minimização dos custos de produção, quando se fala no reaproveitamento das peças, para tanto, sendo necessário verificar se o modelo atinge ou não as expectativas.

Na Amostra 3 o destaque é dado para manutenção baseada na condição, ou seja, o controle de qualidade do produto final está associado o que acontece na linha produtiva, se o maquinário estiver em perfeitas condições de uso com sua plena capacidade de produção, isso irá se refletir na qualidade do produto final. Visto isso, o trabalho aborda duas problemáticas a serem resolvidas, o controle de vibração e o controle ao desgaste provocado por partículas. Baseado nas RNAs, foi proposto um protótipo para resolução desses problemas, que no fim desse processo de análise houve um nível de acerto acima de 90%, dando credibilidade ao método abordado.

Na Amostra 4 a proposta é realizar uma avaliação de um sistema de tanques acoplados como estudo de caso, onde a visão é minimizar ou erradicar fatores limitantes baseado na manutenção. Para isso acontecer, foram levantadas as falhas nos equipamentos, principalmente aqueles colhidos através de controladores, e com o auxílio das RNAs e do software matemático Matlab®, gerando assim um ambiente de controle de riscos potenciais a perda de capacidade produtiva. Assim, a temática trabalha em cima principalmente na detecção e diagnóstico de falhas.

5.2. Análise de Resultados.

Amostra 1

Segundo os autores, os resultados obtidos neste trabalho demonstram a aplicabilidade das Redes Neurais nas previsões de paradas para a manutenção na área industrial da Petroflex. Confirma-se, ainda, a habilidade das RNAs em efetuar previsão em um conjunto de dados com forte componente de não-linearidade, onde outras técnicas estatísticas têm se mostrado menos eficazes. Encontrar modelos neurais para previsões de séries temporais de falhas em sistemas, tem cada vez mais aberto espaço no campo de pesquisas, principalmente devido à demanda do mercado e trata-se, sem dúvida, de uma técnica que irá evoluir bastante na área de manutenção industrial, visando subsidiar importantes tomadas de decisões gerenciais. Conta ainda com a possibilidade de ser inserida nos sistemas computacionais que atualmente já fornecem, como no caso em estudo, informações básicas, colhidas na sua operação diária e ter um custo substancialmente menor em relação a outras técnicas de manutenção preditiva.

Técnicas preditivas como as aqui apresentadas, trabalhando em conjunto com o planejamento de manutenção, podem, a médio prazo, se cuidadosamente implementadas e acompanhadas, fornecerem um substancial aumento de horas operacionais disponíveis.

Avaliando os resultados da Amostra 1, fica perceptível que o modelo atendeu as necessidades de aplicabilidade do uso dessa ferramenta importante nas previsões mais precisas na manutenção industrial, correspondendo assim as expectativas do trabalho proposto. Apesar de não ter adotado em toda linha de manutenção o uso das RNAs, e ter deixado a sugestão de mais um processo a ser objeto de pesquisa e desenvolvimento da ferramenta, ainda sim, a IA conseguiu se sobrepor a outros modelos já conhecidos.

Amostra 2

O autor dividiu o trabalho em capítulos, e nas áreas dedicadas as aplicabilidades das RNAs contatou e enfatizou, ao longo da pesquisa bibliográfica, que as técnicas de inteligência artificial estão ampliando os sistemas de controle, detecção e diagnóstico de falhas, e com isso tornado as atividades e os sistemas de manutenção mais inteligentes.

Os mapas auto – organizáveis, em específico vêm sendo largamente aplicados na análise de dados, no recolhimento e classificação de padrões e na predição de falhas, por exemplo.

Avaliando os resultados da Amostra 2, é notável que as RNAs influenciaram positivamente em sua predição de possíveis falhas, e destacou sua eficiência na questão de manutenção inteligente. Os mapas auto – organizáveis tem sido um recurso que colocaram esse tipo de processo em outro patamar.

Amostra 3

Segundo o autor, em suma, dentro da proposta da tese de aplicar uma RNA genérica para fins de utilização no monitoramento de vibrações e análise de partículas de desgaste o resultado obtido, por meio da implementação do protótipo NEURALNET-CBM, demonstrou sua efetividade na classificação de diferentes bases de dados, alcançando, inclusive, uma taxa de acerto superior a 95%. Isso motiva a um aprimoramento para construção de um software mais completo a ser implantado, no futuro, em um ambiente real de manutenção preditiva.

Avaliando os resultados da Amostra 3, percebe-se, mesmo sem um comparativo real, que a rede tem uma taxa de acerto muito alta, favorecendo – a no critério de exatidão. A proposta foi modelar a rede conforme sua especificidade, protótipo foi o arcabouço que uniu a vertente de um sistema mais robusto com a RNA embutida, o que acabou satisfazendo na construção da funcionalidade do software em questão. Sendo inclusive, uma possível patente com viabilidade econômica associada baseado na avaliação, claro que se não houver tecnologia igual a desenvolvida nesse trabalho. Mas fica evidente a importância primordial que as RNAs têm esse fomento diferencial para ser incluído em tal projeto.

Amostra 4

Segundo o autor, o trabalho foi desenvolvido com o intuito de fornecer um sistema DDF para um sistema de tanques acoplados. Para isso, o sistema fez uso de uma estrutura neural que, a partir dos valores disponíveis, indicava ao usuário os momentos em que as falhas estavam ocorrendo.

O sistema proposto foi constituído por um módulo de identificação, o qual realizava a inferência dos níveis dos tanques, e um conjunto de redes especialistas, capazes de identificar cada uma das treze falhas listadas no trabalho.

Dentre essas falhas, oito foram identificadas com facilidade e outras três tiveram um desempenho satisfatório, com um pequeno problema de detecção que pode ser facilmente resolvido através de flags binárias. As outras duas falhas não foram identificadas corretamente, mas, em ambos os casos, o sistema consegue detectar a falha corretamente para T1.

Observa-se ainda que os resultados obtidos podem melhorar ainda mais quando forem utilizados valores reais, oscilando dentro da faixa de valores em que a rede foi treinada. Tal situação pode fazer com que não mais ocorra o problema de detecção das FSeDG, FSeDO e FSivZT, evitando, portanto, a utilização de flags para contorná-lo.

Assim, pode-se dizer que o sistema teve um desempenho satisfatório, conseguindo identificar cerca de 85% das falhas propostas. Comprova-se, portanto, que as redes neurais de múltiplas camadas são estruturas eficientes tanto para a identificação de modelos quanto para a detecção e o diagnóstico de falhas.

Em contraponto, vale salientar que não foram realizados testes que avaliassem o desempenho das redes de detecção atuando de maneira simultânea ou paralelamente. Essa situação pode vir a gerar falsos positivos uma vez que as variáveis de entrada das redes são idênticas. Outro aspecto que reforça essa teoria é que a rede da primeira proposta de detecção não convergiu. Conforme dito anteriormente, a não convergência das redes dessa proposta se deu, provavelmente, em consequência da ausência de dados representativos no universo das variáveis disponíveis, obtidas direta ou indiretamente a partir do processo.

Avaliando os resultados da Amostra 4, mostrou – se bastante evidente a capacidade de execução de múltiplas tarefas de análise das situações que poderiam causar problemas de falhas no maquinário. Foi bem colocado que a falta de informações, ou padrões idênticos de entrada sugere falsos positivos, pois, apesar de a rede conseguir aprender facilmente as situações que é colocada, ainda sim é necessário ensinar e definir bem os padrões de entrada e de saída.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas amostras avaliadas são bastante satisfatórios, evidenciado pelo uso das RNAs. Todas as amostras trabalharam com realização de exaustivos testes alterando os erros de treinamento, sendo possível obter uma boa porcentagem de acertos nos diagnósticos numericamente apontados pelos testes da RNA de cada trabalho. Em outras palavras, as respostas numéricas encontradas foram com boa aproximação da saída da rede. Com os valores de fronteira utilizados em tempo de treinamento. Essa percepção está contida em cada uma das amostras com mais evidencia. Mas esses resultados reforçam tanto de forma quantitativa como qualitativa os bons resultados provenientes do uso dessa ferramenta.

De um modo geral, as RNAs demonstraram autonomia, através de seus resultados é possível analisar dados extraídos de suas entradas com mais precisão.

Como foi possível verificar na Amostra 1, as RNAs são bem superiores a métodos estatísticos tradicionais, quando se fala em precisão de informações, onde na gestão da manutenção isso é uma informação estratégica, e pode ser um diferencial competitivo dependendo do ramo de atuação e da holística que a organização quanto a esse setor.

Nas Amostras 2, 3 e 4 evidenciam que essa ferramenta influencia positivamente na predição dessas falhas, que as RNAs podem ser adaptadas a sistemas simples e complexos de detecção e diagnóstico e podem atuar em várias frentes falhas.

É possível concluir baseado nessas informações, fazendo uma análise situacional qualitativa que as RNAs são realmente tendências a serem seguidas na melhoria contínua dos processos inerentes a gestão da manutenção, e aqueles que usam tais ferramentas de inteligência artificial tendem a terem resultados mais satisfatórios.

Com isso é recomendável que a indústria como um todo comecem a se atentar a esse tipo de ferramenta, tanto na holística facilitadora do processo da gestão da manutenção, como nos resultados imediatamente percebidos.

7. AGRADECIMENTOS

Fica aqui registrado os agradecimentos a todos que foram principais influenciadores na história desse artigo quanto na vida acadêmica. A professora Ana Castro, por provocar e ajudar a desenvolver este trabalho de grande importância educacional e profissional na formação de engenharia.

A professora Viviane Marques por ajudar a perceber a importância das redes neurais em qualquer linha produtiva da indústria e suas propostas inovadoras.

A Mayara Rosa por estar sempre presente e incentivando emocionalmente a concluir todos os ciclos da vida com qualidade, abdicando do tempo para dar espaço a essa empreitada tão importante.

A família e amigos que sempre buscam proporcionar condições incentivadoras ao desenvolvimento profissional de qualidade, compreendendo que o tempo é escasso e necessário para uma formação de qualidade.

8. REFERÊNCIAS

- Almeida, L. F. “Redes neurais artificiais aplicadas à manutenção baseada na condição”. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá: [s.n.], 2011
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raou A., Knezevic J. , Ait-Kadi, D. “Handbook of Maintenance Management and Engineering”, Springer-Verlag London Limited, 2009.
- Brito, P. et al. “Falibras: Uma Ferramenta Flexível para Promover Acessibilidade de Pessoas Surdas”. International Conference on Computers in Education (TISE), 2012.
- De Medeiros, J. “Bancos de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território”. PhD thesis, 1999.
- Drumond, M. R. “Manual do sistema de gerenciamento da manutenção: Companhia Vale do Rio Doce”. Belo Horizonte, 2004.
- Franco, R. “Metodologia Para Implantação da Gestão Por Processos em Empresas do Setor Metal-Mecânico”. Florianópolis: UFSC, 2002. 101 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- Furtado, E. J. de A. A. “Gestão de Manutenção em Empresas Têxteis de Grande Porte”. Florianópolis: UFSC, 2002. 95p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- Gonçalves, L.F. “Desenvolvimento de um sistema de manutenção inteligente embarcado”. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica. Tese de Doutorado. Porto Alegre 2011.
- Gonçalves, J. E. L. “As empresas são grandes coleções de processos”. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 6-19, jan./mar. 2000.
- Google Acadêmico. Disponível em: < <https://scholar.google.com.br/> > Acesso em: 01 set.2017.

- Hammer, M. "A empresa voltada para processos". Revista HSM Management, São Paulo, n. 9, p. 6-9, jul./ago. 1998.
- Haykin, S. "Neural Networks: a comprehensive foundation". New Jersey: Prentice Hall, 842 p.1999.
- Higgins, R. "Maintenance engineering handbook". 6. ed. New York: Mc. Graw- Hill, 2001.
- Kardec, A.; Ribeiro, H. "Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma", Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2002.
- Kardec, A., Nascif, J. "Manutenção: Função Estratégica, Editora Quality Mark", Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman. 3a edição, 2009.
- Luger, G. F. "Inteligência Artificial: estruturas e estratégias para a resolução de problemas complexos". 4. ed., 774 p. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.
- Mendonça. M. "Uma contribuição ao desenvolvimento de sistemas inteligentes utilizando redes cognitivas dinâmicas". Tese de Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.
- Metaxiotis, K; Ergazakis, K; Samouilidis, E; Psarras, J. "Decision Support Through Knowledge Management: The Role of The Artificial Intelligence". International Journal of Computer Applications in Technology, 19(2):101–106, 2004.
- Prereira, M. J. "Engenharia de Manutenção, Teoria e Prática". Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.
- Pinto, A. K., Xavier, J. A. N. "Manutenção: Função Estratégica". Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- Rebouças, D. L. "Utilização de redes neurais artificiais para detecção e diagnóstico de falhas". Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. Natal, RN, 2011.
- Santos, F.C.; De Carvalho, C. L. "Aplicação da Inteligência Artificial em Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo". Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás. Relatório Técnico. RT-INF_001-08. Goiânia, 2008.
- SciELO. Scientific Electronic Library Online. Disponível em < <http://www.scielo.org/php/index.php> > Acesso em 01 set. 2017.
- Silva, I. N. "Redes Neurais Artificiais para engenharia e ciências aplicadas". São Paulo: Artliber. 2010.
- Silva, R. "Gerenciamento do setor de manutenção". Taubaté: UNITAU, 2004. 92p. Monografia (Pós Graduação, Gestão Industrial) – Pró Reitoria de Pesquisa e Pós- Graduação, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.
- Torres Jr. R. G.; Machado, M. A. S.; Souza, R. C. "Previsão de séries temporais de falhas em manutenção industrial usando redes neurais". Engvista, v.7, p.23, 2005.
- Vergara, S. "Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração". 6ª ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2005.
- Viana, H. "PCM: planejamento e controle de manutenção", Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- Xenos, H. "Gerenciando a Manutenção Produtiva", Minas Gerais: INDG, 2004.

9. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

QUALITATIVE ANALYSIS IN A REVIEW MODEL FOR THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AS SUPPORT IN MAINTENANCE MANAGEMENT

Félix, B. N. B., bruno.nbfelix@gmail.com¹

Silva, A. C. G. C., anacristina.silva@univasf.edu.br¹

¹ Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF Campus Juazeiro, BA, Brasil

Abstract. *This article aims to outline a review of scientific studies, with applications of Artificial Neural Networks (ANNs) in the Maintenance Management process. Based on mathematical and computational models, ANNs simulate the activities of a human neuron, where it is possible to train this computer to recognize patterns and predict possible important results when it comes to taking action on the needs that may occur on certain activities or equipment. Given this, this article will make a descriptive and critical analysis of articles, dissertations and works that have as main contents the Maintenance Management and Artificial Neural Networks, especially those with both contents. The works to be explored were published between 1997 and 2017, and are therefore necessary to add to the consolidation of the theoretical body of this work, seeking to contribute to the better understanding and use of this tool still little explored for this purpose. As a result, it becomes clear that ANNs are an increasing trend in the consolidation of continuous improvement in the area of Maintenance Management.*

Keywords: *maintenance management, artificial neural networks, artificial intelligence, maintenance systems*