

UTILIZAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA (RA) PARA INSPEÇÃO E CONSERVAÇÃO, BASE DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA, EM EQUIPAMENTOS DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS NO APL JAUENSE DE CALÇADOS FEMININOS

BONIFÁCIO, M. A.

*Fatec Jahu - Coordenadoria de Gestão da Produção Industrial
marcos.bonifacio@fatec.sp.gov.br*

Use of Augmented Reality (AR) for Inspection and Maintenance, the Basis of Autonomous Maintenance, in Footwear Production Equipment at the Jauense Women's Footwear APL

Eixo Tecnológico: Produção Industrial.

Resumo

Foi evidenciado um baixo nível de utilização dos conceitos de manutenção no APL de Calçados Femininos de Jaú/SP, desperdiçando as possibilidades estratégicas que acompanham estes conceitos. Talvez o fato se dê, pela predominância de micro e pequenas empresas no APL ou mesmo pela falta de equipes de manutenção em grande parte delas. Mas o fato é que estas empresas não exploram esta possibilidade estratégica, deixando de ter um diferencial competitivo. Mas, para uso destes conceitos, dado a ausência de equipes, deve partir de propostas básicas, que estimulem a adoção das técnicas de manutenção que tragam consigo, por exemplo: melhoria dos equipamentos com a redução de falhas; redução de gastos com reparos; aumento da confiabilidade; redução de desperdícios com equipamentos descalibrados; entre outros associados às técnicas de manutenção. Uma alternativa para introdução destes conceitos é a adoção da ferramenta de Manutenção Produtiva Total (TPM), especificamente do pilar de Manutenção Autônoma (MA), destinado à integração de Operadores na conservação dos equipamentos, preenchendo a lacuna da falta de equipes especialistas. Em função das características das empresas do APL, adaptou o modelo de implantação da MA, mantendo a utilização de padrões de inspeção e conservação impressos. E, é neste contexto, que se apresenta está proposta: oferecer um novo apelo para estimular o uso da TPM e da MA, oferecendo os mesmos padrões de inspeção e conservação baseados na tecnologia de Realidade Aumentada (RA) possibilitando acesso aos ganhos advindo do uso estratégico da ferramenta, além de ganhos marginais, por exemplo, a aproximação das empresas de discussões presentes na Indústria 4.0. Esta fase do projeto visa consolidar os padrões criados para uma máquina de pespointo no 1º ciclo ampliando para um segundo equipamento, e, com base nos resultados, elaborar procedimento que permita disseminar a tecnologia para outros equipamentos.

Palavras-chave: *Realidade aumentada, Manutenção, Manutenção autônoma, Estratégia, Arranjo Produtivo Local.*

Abstract

Evidenced a low level of use of maintenance concepts in the APL Women's Footwear APL in Jaú/SP, wasting the strategic possibilities that accompany these concepts. Perhaps this is due to the predominance of micro and small companies in the APL or even the lack of maintenance teams in most of them. But the fact is that these companies do not explore this strategic possibility, and they no longer have a competitive edge. But, to use these concepts, given the absence of teams, it must start from basic proposals that encourage the adoption of maintenance techniques that they bring with them, for example: improvement of equipment with the reduction of failures; reduced repair costs; increased reliability; reduction of waste with uncalibrated equipment; among others associated with maintenance techniques. An alternative for introducing these concepts is the adoption of the Total Productive Maintenance (TPM) tool, specifically the Autonomous Maintenance (AM) pillar, aimed at integrating Operators in the conservation of equipment, filling the gap of the lack of specialist teams. Due to the characteristics of the APL companies adapted the AM implementation model, maintaining the use of printed inspection and conservation standards. And it is in this context that this proposal is presented: to offer a new appeal to stimulate the use of TPM and AM, offering the same inspection and conservation standards based on Augmented Reality (AR) technology, allowing access to the gains arising from the use tool, in addition to marginal gains, for example,

bringing companies closer to discussions present in Industry 4.0. This phase of the project aims to consolidate the standards created for a topstitching machine in the 1st cycle, expanding it to a second piece of equipment, and based on the results, develop a procedure that allows the technology to be disseminated to other pieces of equipment.

Keywords: *Virtual reality, Augmented reality, Maintenance, Strategy, Local Productive Agglomeration.*

1. Introdução

Este resumo se objetiva a apresentar os resultados da busca de criação de alternativas que estimulem empresas do Arranjo Produtivo Local (APL) de Calçados Femininos de Jaú/SP adotarem no contexto e suas atividades do dia a dia questões de manutenção preventiva, mesmo que não possuam equipes especialistas em seus quadros de funcionários.

Cabe esclarecer que no contexto estratégico da produção, a função de manutenção é de apoio definida [1] como sendo a combinação de ações técnicas, administrativas e de supervisão, com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado do qual possa desempenhar uma função requerida, ou seja, fazer o que for preciso para assegurar que determinado equipamento opere dentro de condições mínimas requeridas.

Na elaboração da estratégia de produção deve incluir ações relacionadas a manutenção [2] [3], pois a disponibilização ou a confiabilidade de que estes equipamentos desempenhem suas funções requeridas no tempo e nas condições esperadas depende o sucesso do planejamento.

A manutenção deve ser considerada como uma atividade de importância estratégica já que atua para garantir a disponibilidade dos equipamentos, mantendo desta forma a confiabilidade, a segurança pessoal e patrimonial, além dos custos adequados como planejados [4].

Mas, para poder utilizar a manutenção como estratégia é necessário que se adote alguma(s) ferramenta(s) destinada a esta finalidade. Que é o caso da Manutenção Produtiva Total (TPM), base deste projeto.

- Manutenção Produtiva Total (TPM)

A TPM é uma evolução dos conceitos da manutenção, sugerindo que os envolvidos com os equipamentos quebrem alguns paradigmas, promovendo a integração de todos os funcionários na sua gestão, independentemente do setor ou cargo que ocupem na hierarquia [5].

Este relacionamento propondo um processo de melhoria contínua, pois a TPM deve propor uma melhoria da estrutura de gestão dos ativos, que resultará na consequente melhoria dos resultados operacionais [5].

A TPM caracteriza-se como uma ferramenta de apoio às ações da manutenção para a conservação dos ativos, o conceito nasce nos Estados Unidos, mas encontrou no Japão do pós-guerra o terreno favorável para sua disseminação [6].

Na mesma época os japoneses, que buscavam ferramentas que possibilitassem a eliminação de perdas dos processos, viram na TPM uma possibilidade de contribuição virtuosa já que parte destes desperdícios se relacionavam com as linhas de produção. [7]

Destaca-se ainda, que para se obter a integração proposta pela TPM, é necessária uma preocupação com a proteção ambiental e segurança dos funcionários e, que estes recebam investimentos constantes em educação e treinamento, despertando-lhes um interesse pelos equipamentos com os quais trabalham, levando-lhes a internalizar uma noção de respeito pelos ativos despertando o sentimento de pertencimento ao contexto no qual está inserido [8].

Este envolvimento devendo levar os funcionários, frequentemente atarefados, a pensarem nos ativos de forma diferenciada, como se fossem seus donos [9], é exatamente nesta visão que este projeto se apoia.

- Manutenção Autônoma (MA)

A TPM é organizada em pilares, sendo que o pilar de Manutenção Autônoma (MA), surge desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade, zelo ou mesmo pertencimento, a partir da sua qualificação [10] [11].

Historicamente a utilização dos operadores em reparos não é novidade, no passado, quando os equipamentos eram menos complexos os operadores já realizavam e se responsabilizavam por algumas manutenções [12].

Para uma implantação exitosa do pilar de MA é necessário basear as ações na qualificação mínima em questões técnicas e conscientização dos operadores permitindo-lhes condições de realizarem algumas ações, mas não o especializando para realizarem reparos em substituição aos mantenedores [12], deve ficar claro que as atividades desenvolvidas pelos Operadores estão dentro do escopo de sua função.

A MA deve conseguir explorar a sensibilidade do operador em relação ao equipamento que opera, ninguém melhor do que ele para “perceber” variações no dia a dia do processo, mas para que ele se envolva e apresente-se como parte do processo de conservação deste equipamento [13] deve reforçar nele o sentimento de seu dono.

Sendo as atividades propostas para serem realizadas por ele sendo simples e organizadas em padrões preestabelecidos que facilitem sua execução e entendimento. As atividades propostas, em um primeiro momento resumindo-se em inspeções e limpeza/conservação dos equipamentos que operam por já estarem no escopo de suas atividades.

Estes padrões (impressos) devem ser adaptados às necessidades da empresa, sendo usualmente elaborados a partir de um desenho esquemático ou foto do equipamento acrescido das respectivas ações a serem realizadas.

E, estes padrões tradicionais, é que estarão sendo extrapolados, neste projeto, para a Realidade Aumentada (RA) que se trata [14] de uma “realidade misturada” que deve ser considerada quando busca-se a definição de um ambiente no qual exista uma interface de imagens virtuais sobrepostas ao ambiente físico do usuário, que será percebida por ele, por meio de dispositivos tecnológicos.

A manutenção é uma área que nos últimos anos (2006 a 2017) recebendo um aumento nas aplicações da tecnologia AR [15], tendo uma ampla aplicação que pode ir do treinamento dos funcionários sobre tarefas de manutenção, ou referências de procedimentos a serem executados – foco deste projeto de pesquisa – aumentando a eficácia e também a precisão dos processos, servindo como claro apoio e orientação para os funcionários minimizando erros ou problemas mesmo reduzindo riscos desnecessários de segurança.

Destaca-se que estas ações aproximarão empresas do APL dos mais modernos conceitos da Indústria 4.0, pois refere-se a um conceito de indústria que engloba as principais inovações tecnológicas no contexto da automação e tecnologia da informação, estes conceitos aplicados nos processos de produção [16].

Em função da evolução dos equipamentos instalados [17], tais como: sensores cada vez mais envolvidos com os processos; possibilidade de feedback em tempo real para sistemas de controle; sistemas de controle mais complexos possibilitando flexibilizar processos; e ágeis o que demandará uma nova postura dos operadores. Neste contexto para que a Indústria 4.0 se torne possível, as empresas devem considerar a adoção de uma infraestrutura tecnológica

formada por sistemas físicos e virtuais, sistemas de simulações, realidade aumentada e realidade virtual, internet das coisas, entre outras [18].

Desta forma o objetivo deste projeto, apresentado parcialmente neste resumo foi de: Elaborar padrões de inspeção e conservação com base nos conceitos da Manutenção Autônoma (MA) parte integrante da ferramenta de Manutenção Produtiva Total (TPM), para aplicação em um equipamento da produção de calçados utilizando como base a Realidade Aumentada (RA) para ser aplicado nas empresas que compõe o Arranjo Produtivo Local (APL) de Calçados Femininos de Jaú/SP.

A saída esperada na forma de estímulo tecnológico que se somará aos potenciais estratégicos da manutenção, para que as empresas produtoras de calçados do APL de calçados femininos de Jaú/SP que possuem um baixo nível de utilização da manutenção [19], possam ter mais esta opção alavancarem seus resultados na produção: Melhorando os equipamentos com consequente aumento da confiabilidade e redução dos custos com reparos não previstos; Melhorar a relação entre os funcionários e os ativos nos quais eles desempenham suas atividades; Tendo acesso a novas tecnologias para o enfrentamento de cenários mais restritivos; Entre outros ganhos marginais presentes quando a empresa se propõe a adotar novos modelos estratégicos estimulando que outras ações surjam e contribuam no contexto geral.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

O desenvolvimento se deu a partir da elaboração, em laboratório, dos padrões de inspeção e limpeza/conservação para dois equipamentos, a saber; (i) Máquina de Pesponto Lanmax e (ii) Balancim Ponte Poppi, ambos presentes na produção de calçados. A base desta elaboração foram os conceitos da Manutenção Autônoma (MA) parte integrante da ferramenta de Manutenção Produtiva Total (TPM), que nesta fase foram padrões impressos. A elaboração levou em consideração os conceitos técnicos de manutenção e conservação específicos para estes equipamentos.

A Máquina de Pesponto (i) compõe está disponível na Planta Modelo de Produção do CST em Gestão da Produção Industrial (GPI) da Fatec Jahu o que permitiu além de integrar o laboratório à pesquisa, ter um ambiente controlado para as atividades, já o Balancim Ponte (ii) está em operação em uma empresa do APL calçadista de Jaú/SP possibilitando já neste momento iniciar a disseminação dos resultados com as empresas.

Elaborados os padrões devem ser testados e ajustados, se necessário, para que seja possível serem convertidos para a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) para ser utilizados com tablet ou smartphone e testados, até este momento, também em laboratório, na Planta Modelo de Produção, do CST em GPI da Fatec Jahu. Estes testes serão realizados preliminarmente pelos envolvidos no projeto permitindo que possíveis ajustes possam ser realizados, conforme preconizado pela própria ferramenta de MA antes da efetivação das rotinas de execução.

2.2. Metodologia

O modelo metodológico baseado no tipo de pesquisa Tecnológica ou Aplicada [20] [21] que permite a aplicação dos tipos de pesquisa relacionada às necessidades imediatas de diferentes campos da atividade humana com interesse prático de aplicação dos conhecimentos obtidos.

Como técnica para a coleta de dados, será utilizada a pesquisa bibliográfica, que consiste em um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, que pela importância, são capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema da pesquisa [22].

3. Resultados e Discussão

As atividades deste período tiveram como ponto de partida atividades já desenvolvidas no ano anterior onde os esforços se concentraram no desenvolvimento da RA com a utilização do software Unity e no final do ano de 2022, tendo contato com a solução da Schneider Electric – EcoStruxure Augmented Operator Advisor passou a ser o foco para o desenvolvimento da RA por ser mais amigável e oferecer um acesso de teste que permitiria verificar realmente a aplicabilidade da solução.

Conforme a metodologia estabelecida, a primeira ação foi elaborar os padrões provisórios de Inspeção e Limpeza/Conservação com as considerações técnicas necessárias para serem transferidas para a solução de Realidade Aumentada (RA) qualquer que seja a solução escolhida e/ou disponível para o projeto.

Na Figura 1, seguem apresentados os Padrões Provisórios de Inspeção elaborados para os dois equipamentos escolhidos para serem foco do estudo nesta fase do projeto.

Fig. 1 - Exemplos dos padrões provisórios de inspeção.

Máquina de Pesponto - Lanmax LM910			Setor de Pesponto	
Frequência	Semanal	Responsável	Operador	

Balancim de Ponte Rapid 27 e 28			Setor de Corte	
Frequência	Semanal	Responsável	Operador	

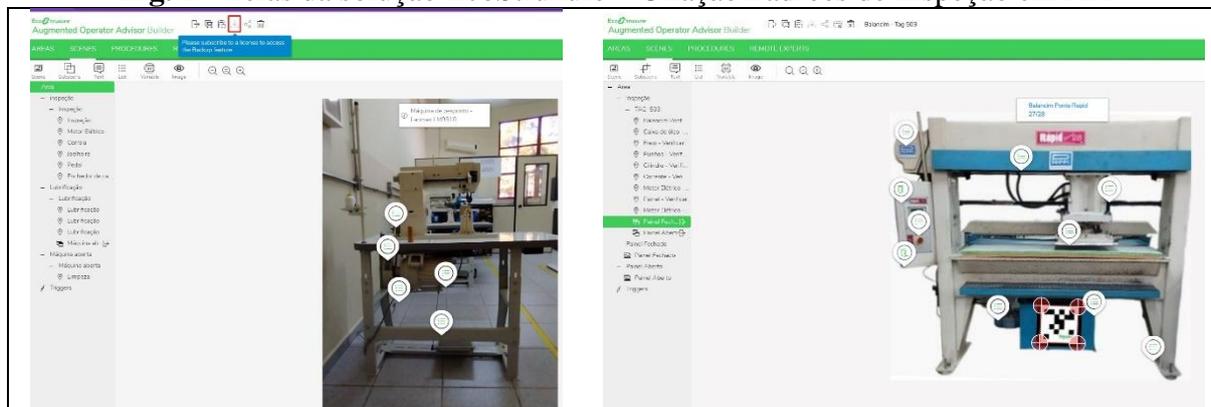
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode ser observada na Figura 1 os pontos que deverão ser inspecionados pelos Operadores de acordo com a frequência estabelecida pela estratégia da Gestão da Produção, visando a melhor conservação dos equipamentos em questão.

Uma vez que o Unity já havia sido testado inicialmente e se mostrou mais denso no tocante ao desenvolvimento e o foco deste projeto sempre foi o de facilitar a criação e utilização da Manutenção Autônoma pelas empresas, mesmo as que não possuam equipes técnicas, buscou-se outra solução para desenvolvimento das folhas de RA em um ambiente mais amigável. Neste caso a solução EcoStruxure Augmented Operator Advisor da empresa Schneider Electric que atende ao escopo do projeto por disponibilizar uma licença livre para realização de testes.

A Figura 2 apresenta, como exemplo, as telas da solução EcoStruxure Augmented Operator Advisor quando do desenvolvimento do Padrão de Inspeção em RA para o equipamento (i) Máquina de Pesponto e (ii) Balancim Ponte.

Fig. 2 - Telas da solução EcoStruxure – Criação Padrões de Inspeção em RA



Fonte: Elaborado pelo autor.

A solução EcoStruxure oferece duas possibilidades de reconhecimento (marcadores) para abertura da RA; uma sendo por imagem e uma segunda por um TAG. Para os testes foram feitos projetos com ambas as possibilidades de reconhecimento. No caso específico de TAG foi associado o nº 550 com o equipamento (i) Máquina de Pesponto e 503 com o (ii) Balancim Ponte, conforme pode ser observado na Figura 3.

Fig. 3 - Modelos (A3) para testes da RA e apresentações



Fonte: Elaborado pelo autor.

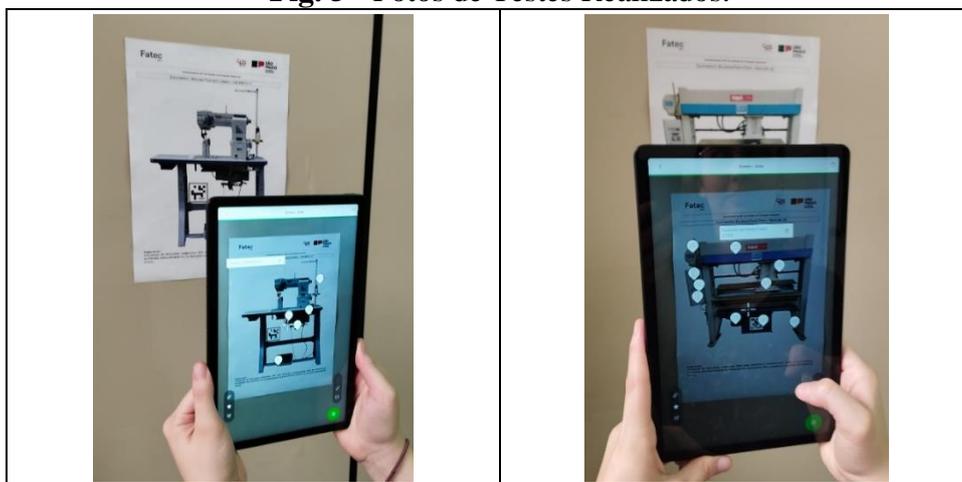
Uma vez que uma das máquinas não está disponível na Planta Modelo do CST em Gestão da Produção Industrial da Fatec Jahu e a proposta sempre foi levar a ideia e os resultados para os apoiadores do projeto, foram feitas impressões (A3, exemplo na Figura 3), que simulam os equipamentos que podem ser fixadas simulando os equipamentos permitindo executar sobre

elas os padrões em RA, permitindo desta forma além de realizar testes levar a ideia aos apoiadores sem a necessidade de ter a disposição efetivamente os equipamentos.

Os testes, até este momento, foram realizados em laboratório com base nas imagens da Figura 4 sendo que os resultados podem ser observados nas fotos apresentadas na Figura 5.

Neste momento novos testes estão sendo realizados para melhorar os alinhamentos, layout das listas de atividades, testes para inserção de procedimentos, testes para inserção de lições ponto a ponto para sanar dúvidas técnicas etc., nos mesmos projetos ainda com a utilização da solução EcoStruxure Augmented Operator Advisor.

Fig. 5 - Fotos de Testes Realizados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Não se descarta ainda a possibilidade de utilização do Unity para o projeto que demandará a presença de especialista da área de soluções gráficas digitais para suprir demandas técnicas encontradas no desenvolvimento até este momento.

4. Considerações finais

Até este momento os objetivos traçados no cronograma de atividades foram alcançados, com os padrões em RA estando operacionais em uma solução amigável que permite sua elaboração de forma acessível, mas com a restrição de uma licença de testes que precisa ser adequado talvez em uma parceria que envolva a ampliação deste projeto.

O avanço neste sentido pode resultar em possibilidades que permitam que os resultados ofereçam uma solução integrada para o APL de Calçados Femininos de Jaú/SP em uma possível continuidade deste projeto contando inclusive com a colaboração de outros pesquisadores, inclusive pelo fato de que os resultados, embora focados na produção de calçados podem facilmente serem extrapolados para qualquer outro segmento ou APL que possa se interessar permitindo uma amplitude que desperte o interesse do fornecedor da solução, do Centro Paula Souza, de outros APLs e pesquisadores.

Referências

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade, 1994.

- [2] SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8 ed, São Paulo: Atlas, 2018.
- [3] CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- [4] TAVARES, L.A. **Administração moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.
- [5] NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.
- [6] PALMEIRA, N. J.; TENÓRIO, G. F. **Flexibilização Organizacional**. Rio de Janeiro: FGV, 2002.
- [7] FREITAS, A. J. N. **TPM na Linha da Confiabilidade**. São Paulo: Loos Prevention / ABRAMAN, 2007.
- [8] TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM/MPT Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 1993.
- [9] YAMAGUCHI, C.T. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei: ICAP, 2005.
- [10] RIBEIRO, H. **Desmistificando o TPM**. São Caetano do Sul: PDCA, 2010.
- [11] RIBEIRO, H. **A bíblia do TPM: Como gerenciar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.
- [12] XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Nova Lima: Falconi, 2004.
- [13] KARDEC, A.; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [14] KIRNER, C., KIRNER, T.G. **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. In: Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2011, Uberlândia – MG: Editora SBC, 2011.
- [15] BOTTANI, E.; VIGNALI, G. **Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade**. IISE Transactions, V.51, n. 3, p. 284-310, DOI: 10.1080/24725854.2018.1493244, 2019.
- [16] SILVEIRA, C.B. (2016). **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 21 set. 2021.
- [17] DONAVAN, J. (2014). **Indústria 4.0 – O que é isso?**. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/7571-industria-4-0-o-que-e-isso-art1350>>. Acesso em: 20 set. 2021.
- [18] FIRJAN. (2016). **Panorama da inovação - Indústria 4.0: Internet das coisas**. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes>>. Acesso em: 21 set.2021.
- [19] BONIFÁCIO, M. A. **Uso da manutenção autônoma para redução de resíduos em empresa calçadista: Proposta de um indicador baseado em árvore de decisão e lógica Fuzzy**. 2019. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista - UNESP/SOROCABA – Programa de Ciências Ambientais, 2019.
- [20] MARCONI, M.de A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [21] MARCONI, M.de A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.