

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Guilherme Siltori Acosta

Natanael Moraes

Rodrigo Vinícius Moro de Mattos

Patricia Fernanda da Silva Siltori

Proposta de inserção de tecnologias da Indústria 4.0 em uma empresa de defensivos agrícolas

Vídeo do Projeto Integrador

<https://youtu.be/whJy9RWmXYY>

Salto - SP
2021

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Proposta de inserção de tecnologias da Indústria 4.0 em uma empresa de defensivos agrícolas

Relatório Técnico - Científico apresentado na disciplina de Projeto Integrador para o curso de Engenharia de Produção da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).

Salto - SP
2021

ACOSTA, Guilherme; MORAES, Natanael; MATTOS, Rodrigo; SILTORI, Patricia. **Proposta de inserção de tecnologias da Indústria 4.0 em uma empresa de defensivos agrícolas**. Relatório Técnico-Científico. Engenharia de Produção – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo**. Tutor: Eduardo Palhares Júnior. Polo Salto, 2021.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a análise de uma célula manual que pode ser transformada com a possível inserção de tecnologias, visando melhorar o desempenho, qualidade e ganhos relacionados a eficiência. A metodologia empregada na pesquisa foi revisão da literatura, estudo de caso e pesquisa-ação. Tal método foi empregado pois um dos integrantes é colaborador na organização e facilitou a busca dos dados, mesmo o mundo vivendo uma pandemia no ano de 2021. Os resultados encontrados foram satisfatórios e permitiram conhecer a fundo o processo utilizado na indústria, na qual com a análise desses resultados foi possível propor o uso de tecnologias da Quarta Revolução Industrial e obter ganhos que se relacionam com a Sustentabilidade. O trabalho possui limitações, como: impossibilidade de entrevista presencial (com a participação de todos os autores) e vistoria técnica.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0; Sustentabilidade; Automação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclos da Pesquisa-ação.....	9
Figura 2 - Estágios do desenvolvimento da pesquisa.	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados iniciais levantados após análise da célula.	11
Tabela 2 - Proposta inicial de equipamentos para a automação da célula.....	12
Tabela 3 - Análise inicial dos impactos da célula produtiva.	13
Tabela 4 - Análise dos ganhos em relação ao Tripé da Sustentabilidade.....	14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. DESENVOLVIMENTO	3
2.1 OBJETIVOS	3
2.2. JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	3
2. 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2. 3.1 <i>Conceitos da Indústria 4.0</i>	4
2. 3.2 <i>Princípios da Indústria 4.0</i>	5
2. 3.3 <i>Pilares da Indústria 4.0</i>	5
2. 3.4 <i>Impactos da Indústria 4.0</i>	6
2. 3.5 <i>A Indústria 4.0 no Brasil</i>	7
2. 3.6 <i>Conceito do Tripé da Sustentabilidade</i>	8
2.4. METODOLOGIA	8
2.4.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES ASSOCIADAS	11
4. CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

1. INTRODUÇÃO

A reestruturação de um processo industrial vai além da inserção de tecnologias. Para que se tenha sucesso é necessária gestão empresarial, apoio organizacional e principalmente mão de obra qualificada (SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016). Isso ocorre porque as organizações estão em ambientes competitivos e recorrem ao aprimoramento de técnicas e práticas de manufatura que devem ser eficientes e economicamente viáveis (YIN; QIN, 2019a). Além disso, tal processo considera que as forças produtivas, as relações entre os colaboradores e as mudanças econômicas devem atingir um bem maior, ou seja, o capitalismo em prol da organização (BONILLA et al., 2018; GERLITZ, 2015).

Também, vale destacar que as transformações mundiais corroboram para as inúmeras mudanças nas organizações (YIN; QIN, 2019a). A mudança produtiva traz as empresas a autonomia e maior possibilidade de crescimento em um mercado de nível global, visto que para sobreviver em um mercado com altos níveis de competição investir em tecnologias, reformular o processo e promover inovações tem sido imprescindível para o desenvolvimento macroeconômico e na aceleração de novas vagas de emprego e o aumento de renda (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Ainda assim, a geração de novas vagas requer qualificação capazes de sobreviver a reformulação do processo (PARAVIZO et al., 2018).

Essas mudanças de reestruturação impactam no nível de desenvolvimento das regiões na qual estão inseridas, além de desenvolver a cooperação e estabelecer níveis de confiança e cooperação, caracterizando assim na mudança e no avanço do empreendedorismo urbano (OBRADOVIĆ; VLAČIĆ; DABIĆ, 2021). Como consequência, as atividades das organizações passam a ter uma série de políticas de gestão que auxiliam na comunicação e na geração de empregos e de renda para a população local (MORENO et al., 2014).

Diante do cenário supracitado, se propõe analisar uma possível reestruturação na linha de produção de uma organização de defensivos agrícolas localizada no interior de São Paulo. Baseado neste contexto, a pesquisa limitou-se em um método qualitativo que vai desde a análise bibliográfica afim de compreender a temática estudada, a realização de coleta de dados através de análise documental fornecida pela organização, breves entrevistas com os colaboradores responsáveis pelo setor e pesquisa-ação visto que um dos integrantes do grupo também é colaborador na organização. Todos os dados foram categorizados e debatidos a luz da literatura.

Por fim, este trabalho está organizado da seguinte forma: além dessa primeira seção introdutória, na segunda seção são apresentados o desenvolvimento e o referencial teórico. Na terceira seção, será apresentada a descrição da metodologia empregada. As considerações finais e

as referências estão nas seções 4 e 5, respectivamente serão descritas e concretizadas na entrega final do projeto integrador.

2. DESENVOLVIMENTO

Esta seção se caracteriza em demonstrar a importância da pesquisa e o quanto a mesma contribuirá para a ampliação dos debates associados ao tema. A seguir, a definição do objetivo geral, problema de pesquisa e os objetivos específicos.

2.1 Objetivos

O objetivo geral desse Projeto se caracteriza por analisar um departamento de produção de defensivos agrícolas localizada no interior do estado de São Paulo. A intenção inicial é mapear o processo que se caracteriza por diversas funções manuais e dessa forma proporcionar soluções ágeis, eficientes e seguras utilizando tecnologias advindas da Indústria 4.0. Todo o processo de análise ocorreu no setor de paletização de cargas de produtos acabados (separação de produtos e armazenagem). A pesquisa possui caráter exploratório, e de certa forma contribuirá para novos debates e novas soluções a outras organizações.

Os objetivos específicos desse trabalho podem ser divididos da seguinte forma:

- a) Inicialmente será realizado um levantamento sistemático da literatura na bibliografia em bases científicas referente as tecnologias existentes que podem contribuir no processo de paletização de produtos acabados.
- b) Através das informações levantadas na literatura, será elaborado o mapeamento do estado atual do processo, indo desde a estruturação da mão de obra, maquinário utilizado, matéria prima e o tempo do processo. Finalizado esta etapa, será determinado as possíveis soluções, respeitando a viabilidade da organização;
- c) Tomando por base as informações levantadas do processo, será mapeado um plano com a inserção de tecnologias 4.0 viáveis e eficientes que podem atender o processo. É importante enfatizar que tais tecnologias também podem ser de automação industrial devido a viabilidade e o alto custo inicial de investimento;
- d) Por fim, debates serão realizados a luz da literatura e as conclusões serão estabelecidas.

É de extrema importância afirmar que todo o estudo possui caráter exploratório e visa entender os problemas da organização na operação de paletização e embalagem, com a intenção de conhecer, identificar os possíveis problemas e descobrir uma solução plausível.

2.2. Justificativa e delimitação do problema

Entende-se que as organizações necessitam de inovações para se manter ativas no mercado. Entretanto, a relação de inovação e a mudança no processo requer um alto investimento e o

empenho na mudança organizacional. Com isso, vem a necessidade de modificar o processo de forma eficiente garantindo qualidade, segurança e rapidez para a organização.

Além disso, para atender as mudanças exigidas pelo mercado produtivo versus globalização, é importante que a reestruturação seja adotada objetivando a competitividade e a redefinição de novas estratégias de expansão e buscando sempre novos ganhos de desempenho.

Portanto, destaca-se ainda a importância desse projeto. A avaliação de um setor produtivo de defensivos agrícolas requer possíveis propostas de melhorias, e muito tem a contribuir para novos debates em estratégias e planos de ação que envolvem tecnologias da nova Era Industrial, afim de melhorar a eficiência e reduzir os problemas relacionados a fase final do produto na organização estudada.

2. 3. Fundamentação teórica

Para que uma pesquisa tenha um desenvolvimento seguindo os padrões determinados pelo meio científico, faz-se necessário a criação de uma fundamentação teórica da temática estudada. Nesta seção serão analisados estudos que estabelecem uma breve contextualização referente a Indústria 4.0 e tecnologias que podem ser inseridas em uma organização.

2. 3.1 Conceitos da Indústria 4.0

A Indústria percebeu as mudanças nos processos, e um dos momentos mais históricos da humanidade foi a inovação tecnológica que serviu para mudar de forma drástica o desenvolvimento da sociedade e mostrou que a realidade precisava se adaptar e fazer parte do dia a dia da sociedade (COELHO, 2016).

Dessa forma, surgiu a Quarta Revolução Industrial, ou a Indústria 4.0 que por sua vez surgiu em 2011 pelo governo alemão que pretendia inovar através de tecnologias (SIGAHI; ANDRADE, 2018). Um fator importante quando se trata da Indústria 4.0 é a ideia de conectar toda uma organização, indo desde a produção até as vendas (BRANT; SUNDARAM, 2016; MEKNI; LEMIEUX, 2012). E mesmo sendo um conceito relativamente novo, vem sendo implementado no Brasil de forma limitada, mas otimista e pode ser considerada uma estratégia que tende a crescer nas grandes indústrias afim de garantir a competitividade nacional e internacional (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2018; FERREIRA, 2019).

E por se tratar de uma nova proposta de gestão é necessária mão de obra qualificada, altos custos para a implementação de tecnologias em processos considerados manuais e principalmente consolidação no mercado (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; MONOSTORI, 2015). Dessa

forma, o objetivo desta pesquisa está em conhecer tais tecnologias e verificar a possibilidade da implantação numa linha de produção considerada como manual (MOYSÉS, 2016).

Por fim, na literatura encontra-se evidências da importância de se conhecer os impactos e benefícios da Indústria 4.0 tanto para as organizações como para os profissionais de mercado. A seguir, será descrito brevemente os Pilares, Princípios e como está a Quarta Revolução atualmente no Brasil.

2. 3.2 Princípios da Indústria 4.0

Os princípios da Indústria 4.0 envolvem seis extremidades de extrema importância numa organização (PALMA, J.M.B.; BUENO, U.S.; STOROLLI, W.G.; SCHIAVUZZO, P.L.; CESAR, F.I.G.; MAKIYA, 2017). Para que seja considerada uma implementação de sucesso devem ser seguidas, são eles:

- Capacidade de operar em tempo real, indo desde a obtenção dos dados até a análise para tomada de decisão;
- Virtualização deverá ocorrer propondo modelos de fábricas inteligente e propondo a rastreabilidade e o monitoramento tanto da fabricação quanto do produto acabado;
- Descentralização e as decisões devem auxiliar para entender qual a necessidade da produção naquele momento;
- Utilização de Softwares aliada a utilização da IoT;
- Modularidade seguindo as exigências da demanda em tempo real, obedecendo o acoplamento e os módulos da produção;
- Interoperabilidade deverá oferecer suporte de material, capacidade humana e a comunicação inteligente no interior da organização.

Diversas tecnologias podem fazer parte de um processo produtivo e podem ser consideradas dentro da 4.0, no entanto algumas destacam-se pela funcionalidade e eficiência quando aplicadas no processo (YIN; QIN, 2019b).

2. 3.3 Pilares da Indústria 4.0

Nesta subseção daremos destaque as tecnologias consideradas relevantes para o bom funcionamento e implementação das tecnologias relacionadas a Quarta Revolução Industrial.

- A Internet das Coisas é um dos fundamentos essenciais para o funcionamento integrado da organização. Ela fará a conexão entre pessoas e tecnologias e funcionarão basicamente por sensores denominados por sistemas Cyber-físicos;

- No que diz sobre segurança cibernética os processos terão a comunicação cada vez mais confiável e eficiente e como consequência o produto será produzido em um ambiente altamente tecnológico e com recursos que poderão prever possíveis falhas e que de certa forma podem comprometer a qualidade;
- O uso da Big Data Analytics também será essencial para a estruturação dos dados que deverão ser extensos e complexos quando comparados a uma linha de produção convencional. Tal estrutura permitirá ao colaborador novas formas de análise e gerenciamento e de como operar as informações que realmente são relevantes para o processo;
- A utilização da Computação em nuvem será imprescindível. Com ela os gestores serão capazes de acessar os dados em qualquer lugar de forma rápida e eficiente, sendo necessário apenas ter uma conexão de internet e um dispositivo;
- A robótica também fará parte do dia a dia das organizações. Através dela será possível se adaptar e ser flexível, garantindo a interação entre máquinas e humanos de forma eficiente;
- Com o uso da Inteligência artificial as organizações poderão reduzir os custos e ter ganhos de eficiência visíveis a longo prazo. É importante ressaltar, que nessa área será necessário promover vagas de empregos “tecnológicos”;
- A inserção de novos materiais nas linhas de produção serão visíveis e proporcionarão uma forma ecológica e “inteligente” no consumo. Esse será um dos pilares ambientais dessa nova forma de produção.

Portanto, com a possibilidade de inserção de tantas tecnologias e inovações será necessário se preparar para um mercado com tantas perspectivas de crescimento e expansão (BRETTEL et al., 2014; MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2019). Para o Brasil, será fundamental fazer parte de um mercado altamente tecnológico (BORLIDO, 2017).

2. 3.4 Impactos da Indústria 4.0

Sabe-se que a Indústria 4.0 irá revolucionar as organizações em todos os contextos. Essas mudanças são necessárias para a geração de novos modelos de negócios que devido à concorrência de mercado estão cada vez mais exigentes (JOVANE et al., 2008; MONOSTORI, 2015). Para isso, o uso da automação industrial e a rapidez na fabricação será essencial, visto que a essência dessa mudança é poder customizar a manufatura e tornar o processo fabril inteligente e personalizado de acordo com a preferência de cada cliente (KUZNAZ; PFOHL; YAHSI, 2015).

Outro fator importante, é o setor de pesquisa e desenvolvimento no Brasil que de certa forma sentirá o impacto positivo em relação a dispositivos e a gestão da segurança de dados e, conseqüentemente na confiabilidade de produtos quando se tem a interação entre a máquina e capital humano (BUCCIOLI; ZORZAL; KIRNER, 2006). Entretanto, para que toda essa transformação ocorra é importante que a demanda e a indústria estejam em evolução contínua e que os profissionais de mercado se adequem a essa nova realidade e consigam de certa forma utilizar todos os recursos tecnológicos (ELSEVIER B.V, 2017). Além disso, capacitar os colaboradores também pode ser considerada uma estratégia de mercado e que deverá fazer parte dessa nova Era Industrial (VARGAS; TEIXEIRA, 2017).

2. 3.5 A Indústria 4.0 no Brasil

É fato que o Brasil se encontra em atraso quando comparado a países desenvolvidos, e isso torna evidente a necessidade de mudança industrial (VARGAS; TEIXEIRA, 2017). Serão necessárias mudanças nas linhas tradicionais substituindo os processos manuais por linhas com automação e capital humano preparado para utilizar tais tecnologias (DE SOUSA JABBOUR et al., 2018).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria, o Brasil (CNI, 2018) necessita inserir a gestão de desenvolvimento de melhores produtos com o foco em novos modelos de negócios, proporcionando inovação e garantindo assim a sobrevivência no mercado. Além disso, não basta apenas automatizar os processos, é necessário ir além, bem como utilizar a manufatura digital e propor processos integrados e englobar outros setores em nível de escala global (DE SOUSA JABBOUR et al., 2018; SHAFIQ et al., 2015).

Diversas organizações brasileiras estão entrando na Terceira Revolução Industrial e mesmo assim é possível ver níveis divergentes em relação ao desenvolvimento tecnológico (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; RÜBMANN et al., 2015). O mesmo ocorre quando comparamos as pequenas empresas, que para se manter no mercado buscam obter ganhos inserindo novas tecnologias e se revolucionam no mercado local (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016).

Portanto, no Brasil o conceito é relativamente novo mas pode se enquadrar a diversas organizações e realidades que necessitam de tecnologias para se manter ativas no mercado (TESSARINI JR.; SALTORATO, 2018). Aliado a esses pontos temos as dificuldades de implantação no Brasil que possui diferentes vertentes como: falta de conhecimento, investimento alto e a resistência por parte dos gestores e colaboradores em geral.

2.3.6 Conceito do Tripé da Sustentabilidade

O conceito de Sustentabilidade tem se ampliado nos últimos anos, e dessa forma passou a fazer parte da agenda global com a proposta de conduzir cada vez mais a humanidade afim de evitar problemas ambientais e o consumo inconsciente de recursos finitos (COTRIM; GOUVEIA, 2006).

Dessa forma, a ideologia do Tripé da Sustentabilidade foi criada através de estudos que visam o bem-estar do ambiente, da sociedade e da economia do Planeta (ELKINGTON, 1998). Se forem analisadas separadamente, a visão Econômica requer que a indústria invista em planejamento sustentável e que ao mesmo tempo atenda a necessidade dos processos. Quando analisado a questão Ambiental, basicamente é produzir sem prejudicar o meio ambiente. Por fim, a questão Social é estabelecer ações que auxiliem os colaboradores de forma justa, afim de ter uma sociedade igualitária. Quando o pilar sustentável está unido, há a ideologia de um Planeta justo, sociável e viável (ELKINGTON, 1998; LEWIS; LEWIS, 2015).

2.4. Metodologia

A metodologia empregada neste estudo inicialmente foi a busca dos termos na literatura, ou seja, uma pesquisa bibliográfica, no qual artigos, teses e monografias foram consultadas. É importante ressaltar que todos os estudos analisados fazem parte da temática apresentada e muito contribuiu para o entendimento do assunto.

2.4.1 Descrição da Metodologia

Este projeto é caracterizado como qualitativo, que por sua vez se descreve como entender e descrever um determinado problema, ao mesmo tempo também é necessário classificar e propor mudanças possibilitando melhorias no grupo estudado.

Dentro do universo da pesquisa qualitativa acredita-se na crença e na possibilidade de entender os significados dos motivos e das atitudes que são movidas pelos indivíduos que fazem parte daquele conjunto (GODOY, 1995). Além disso, tal metodologia promove a interpretação das ações e de como se deve agir de acordo com a realidade descrita (DEMO, 2000).

Alinhado à proposta supracitada, esta pesquisa também contemplará o estudo de caso e a pesquisa-ação. Para o estudo de caso, a organização se deve à número reduzido de questões que devem ser investigadas (COTRIM; GOUVEIA, 2006). Essas questões norteiam a pesquisa e servem como base para possíveis aplicações e experimentos no campo estudado. Segundo (DEMO, 2000) o estudo de caso é o delineamento mais adequado para uma investigação que pode

ser contemporânea, mas que de certa forma apresenta uma necessidade de mudança clara e facilmente percebida.

Seguindo a classificação do estudo, a Pesquisa-ação também será aplicada. Para (GIL, 2010), basicamente refere-se a um processo cíclico de agir e refletir sobre um determinado problema estudado. Tais ações requerem que o pesquisador utilize do seu conhecimento teórico-científico para testar o primeiro ciclo definido pela solução, ou seja, testar na prática a reflexão crítica e as possíveis mudanças propostas (SILVA, E. L.; MENEZES, 2001). Também, esse processo permite que os resultados sejam avaliados e reestruturado para se ter um novo ciclo de aplicação, permitindo o refinamento das etapas anteriores (DEMO, 2000). Ao atingir o objetivo inicial, os participantes da pesquisa encerram os ciclos e avaliam os resultados alcançados. Para sistematizar os ciclos da Pesquisa-ação, apresenta-se a Figura 1.

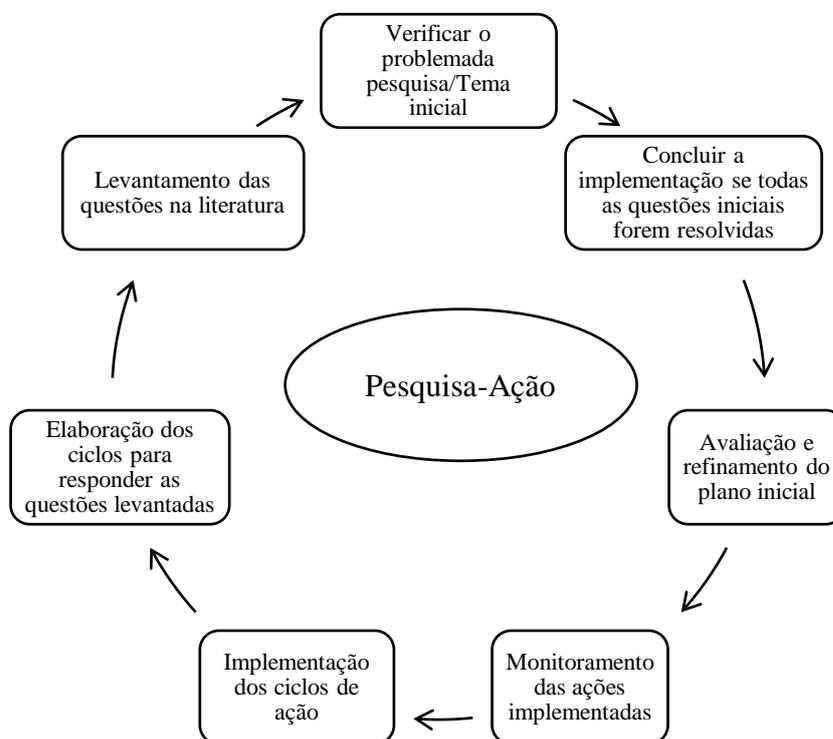


Figura 1 - Ciclos da Pesquisa-ação. (Fonte: adaptado pelos autores).

Tendo em vista a aplicação de Estudo de caso e Pesquisa-ação, a Figura 2 demonstra os estágios de forma sucinta.

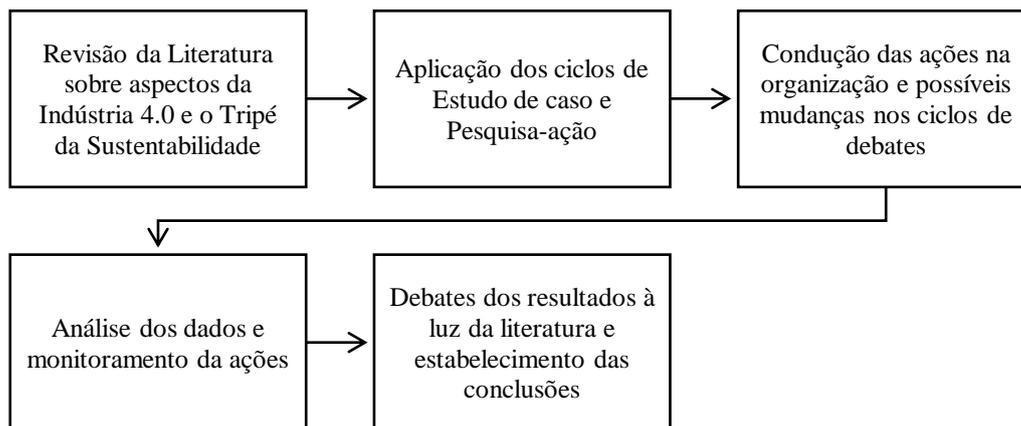


Figura 2 - Estágios do desenvolvimento da pesquisa. (Fonte: autores)

Por fim, a análise e discussão dos resultados será detalhada na seção 3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES ASSOCIADAS

Nesta seção, ocorre a apresentação de forma discreta da organização estudada e de forma detalhada os passos seguidos para a determinação dos resultados.

A organização avaliada encontra-se na cidade de Sorocaba, interior de São Paulo e tem seu ramo de produção ligado diretamente à defensivos agrícolas. Inicialmente os autores deste trabalho avaliaram o setor que se enquadrava na necessidade de inovação, visto que apresentava um processo totalmente manual e repetitivo. A seguir, a Tabela 1 apresenta detalhes de como a célula de produção se encontrava.

Tabela 1 - Dados iniciais levantados após análise da célula. (Fonte: autores)

Célula avaliada antes da proposta
Número elevado de colaboradores (19)
Posto de trabalho com problemas ergonômicos (caixas de até 20 kg)
Layout fora do padrão, dificultando a rapidez e eficiência do processo
Colaboradores com baixa qualificação profissional
Tempo elevado de output
Absenteísmo
Consumo excessivo de bobinas de filme Stretch

Para facilitar o entendimento do processo, faz-se necessário descrever como a célula opera. Basicamente, o processo na célula conta com a embalagem dos paletes de forma manual, onde o operador com o auxílio de uma empilhadeira buscava o produto (levantando) e assim passava o Stretch (envolvendo todo o produto). É importante ressaltar que ao passar a bobina de Stretch era necessário o auxílio de mais um operador. O produto ao ser embalado estava pronto para ser colocado nas divisórias dos Paletes e levado a um local determinado para ser expedido.

A partir dessa primeira análise, seguimos com a proposta citada na metodologia. Inicialmente, verificamos os problemas descritos na Tabela 1 e elaboramos a proposta inicial. Também, a aplicação de Pesquisa-ação auxiliou todo o processo de monitoramento da linha, visto que um dos integrantes é colaborador na empresa estudada. Entendeu-se a necessidade de se enquadrar em Estudo de caso por ser uma análise aprofundada da célula e de proposta de uma possível solução.

Como proposta de integração da célula com tecnologias da Indústria 4.0 e aspectos que englobam a Sustentabilidade (Tripé da sustentabilidade) fez-se necessário verificar aspectos sociais, ambientais e econômicos. Então, como proposta para inserção das tecnologias será necessário reestruturar o layout atual, investir em tecnologias de ponta e em equipamentos que vão permitir ter um processo eficiente e com ganhos ambientais a longo prazo.

Pensando na estrutura e nas definições técnicas, a Tabela 2 detalha os possíveis equipamentos que serão necessários para uma célula operar com determinados níveis de automação.

Tabela 2 - Proposta inicial de equipamentos para a automação da célula. (Fonte: autores)

Principais equipamentos
1 sistema transportador
1 checadora de peso
1 sistema de rejeito
1 robô
1 magazine de <i>Slipsheets</i>
1 estrechadeira
1 magazine de paletes
1 etiquetadora
1 leitor de código de barra

Propõe-se este conjunto de equipamentos, pois acreditamos que haverá melhorias consideráveis na estação de rejeitos. Além disso, com a mudança de *layout* e da estação será possível mitigar os riscos na qualidade, facilitará a organização das caixas, minimizará as paradas da estação paletizadora que podem ocorrer durante o processo e de certa forma dará a autonomia ao operador caso, verifique a necessidade de alterar para o modo manual. Outro ponto importante, é que com o uso de tecnologias de ponta da Indústria 4.0, a estação de rejeitos terá a checadora de peso, evitando o retorno de produtos e um sensor de fitas que proporciona um maior controle de operação.

Para proporcionar melhor desempenho e qualidade, propõe-se o uso de 1 sistema transportador que possui o auxílio de uma garra de aperto. Os benefícios da utilização são a longo prazo, mas promove ao processo um tempo reduzido de manutenção e fornece maior segurança ao colaborador durante o uso e na manutenção do equipamento.

No que tange aos Pilares da Indústria 4.0, fica claro que ao implementar tais equipamentos um sistema de comunicação remota será fundamental. No caso específico deste projeto, acreditamos na necessidade de utilização da *Ethernet* que irá possibilitar o acesso aos Software de PLC'S, o Software do Robô e do sistema de segurança incorporado em todo o processo. Os benefícios serão inúmeros, sendo possível uma assistência técnica de forma remota, redução dos custos de manutenção diário, minimização do tempo de parada e maior facilidade na testagem de novos programas no Robô.

Por fim, com o uso da Envolvedora de Paletes (1 estrechadeira) será possível eliminar as remoções dos paletes e possibilitará a diminuição da quantidade do uso de bobina *Stretch*, sendo esse um ganho sustentável a longo prazo, minimizando o impacto ambiental com o uso excessivo desse material. Outro ponto positivo, é a redução dos riscos de HSE, que vão além do gerenciamento de questões ambientais, mas que de certa forma se relacionam com a saúde e segurança ocupacional dos colaboradores.

No que diz a questão econômica (um dos pilares da Sustentabilidade), a adequação do *Layout* e do Robô de paletização terá um alto investimento, mas ao mesmo tempo promoverá a redução de custo de mão de obra e maior eficiência no processo. Inicialmente, a linha conta com 19 colaboradores, com a implementação será possível funcionar com 14. Os autores deste trabalho acreditam na possibilidade de reorganizar os colaboradores em outros processos, ou oferecer a capacitação profissional da mão de obra para minimizar o impacto social (Pilar social da Sustentabilidade) que a inserção da tecnologia virá causar. Infelizmente, alguns autores acreditam que com a Quarta Revolução industrial o “desemprego tecnológico” será visível em divergentes áreas, visto que a mão de obra não irá se qualificar no mesmo ritmo do avanço das tecnologias.

Contudo, entendeu-se que haverá redução de custos produtivos, mão de obra e principalmente aos bens questão ligados ao *CAPEX*. A implementação visa a melhoria de produto, investimento em inovação, redução de riscos existentes e principalmente a segurança dos colaboradores. Para facilitar o entendimento das mudanças proposta na célula, a Tabela 3 demonstra os dados iniciais levantados durante o processo de elaboração dos ciclos das questões iniciais e como o processo se comportaria com a implementação dos recursos fornecidos pelos Pilares da Indústria 4.0.

Tabela 3 - Análise inicial dos impactos da célula produtiva. (Fonte: autores)

Célula avaliada antes da proposta	Célula com a implementação de tecnologias 4.0
Número elevado de colaboradores (19)	Redução de mão de obra (14)
Posto de trabalho com problemas ergonômicos (caixas de até 20 kg)	Redução de problemas ergonômicos com o auxílio de um Robô para o transporte
Layout fora do padrão, dificultando a rapidez e eficiência do processo	Layout adequado e proporcional para a linha
Colaboradores com baixa qualificação profissional	Colaboradores qualificados e com capacitação profissional
Tempo elevado de output	Redução no tempo de output
Absenteísmo	Redução do absenteísmo
Consumo excessivo de bobinas de filme <i>Stretch</i>	Consumo racional de bobina <i>Stretch</i>

Após a avaliação dos dados e o refinamento do planejamento inicial proposto pelo Estudo de caso e a Pesquisa-ação, é importante ressaltar quais ações corroboram com os pilares da Sustentabilidade. A Tabela 4 apresenta os resultados avaliados e quais possíveis ações poderão ser tomadas para minimizar tais danos ambientais.

Tabela 4 - Análise dos ganhos em relação ao Tripé da Sustentabilidade. (Fonte: autores)

Possíveis impactos com a implementação das tecnologias 4.0	Ações e/ou benefícios	Área do Tripé da Sustentabilidade
Redução de mão de obra	Realocação da mão de obra ou fornecimento de capacitação profissional	Social
Redução de problemas ergonômicos com o auxílio de um Robô para o transporte	Maior segurança e conforto para o colaborador	Social
Layout adequado e proporcional para a linha	Ganhos de eficiência e qualidade	Econômico
Colaboradores qualificados e com capacitação profissional	Equipe preparada para operar divergentes equipamentos	Econômico
Redução no tempo de <i>output</i>	Melhora a gestão do processo e evita percas	Econômico
Redução do absenteísmo	Diminui a ausência do colaborador, visto que o processo será automatizado	Econômico
Consumo racional de bobina Stretch	Redução de materiais no meio ambiente	Ambiental

Tendo em vista os resultados apresentados na proposta, a implementação das tecnologias supracitada gerará um processo de melhoria contínua na organização (BRANT; SUNDARAM, 2016). Também, é importante ressaltar que para maiores ganhos de eficiência é necessário ter uma boa interação entre a gestão operacional e a diretoria, visto que a finalidade de implementar a inovação não se relaciona somente a aspectos econômicos, mas sim em ganhos sociais e ambientais.

4. CONCLUSÃO

Analisando o objetivo do trabalho, destaca-se que a principal contribuição foi aplicar os conhecimentos relacionados a Indústria 4.0 e melhorar um processo totalmente manual. Além disso, o trabalho buscou construir operações viáveis e com suporte de tecnologia para a organização estudada, e que em um futuro próximo possa ser implementado pela mesma.

Também, os autores observaram que a metodologia aplicada permitiu que o objetivo inicial fosse atingido, baseando-se na melhor solução e embasamento teórico fundamentado durante toda a pesquisa. É importante ressaltar, que todo o projeto é exploratório e permite que os gestores utilizem para a tomada de decisão consciente, afim de minimizar erros e aplicações de tecnologia sem fundamentação e que não são viáveis para a célula produtiva.

Um ponto positivo deste modelo desenvolvido, é que pode servir como modelo de novos projetos e aplicações em outras organizações produtivas, bem como contribuir para novas discussões em relação a Quarta Resolução Industrial que tende a ser cada vez mais inserida no país.

Por fim, como sugestão de trabalho futuro, fica a possibilidade de adaptar tal projeto em outras organizações com setores diferentes, adaptando a realidade da mesma.

REFERÊNCIAS

- AIRES, A.; MOREIRA, F.; FREIRE, P. **Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento** (E-Tech, Ed.) **Tecnologias para Competitividade Industrial**. Florianópolis: 2018, 2018.
- BONILLA, S. H. et al. Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 10, 2018.
- BORLIDO, J. D. A. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. Porto Seguro: 2017, 2017.
- BRANT, A.; SUNDARAM, M. A Novel Electrochemical Micro Additive Manufacturing Method of Overhanging Metal Parts without Reliance on Support Structures. **Procedia Manufacturing**, v. 5, p. 928–943, 2016.
- BRETTEL, M. et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Information and Communication Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37–44, 2014.
- BUCCIOLI, A. A B.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial. **Research Gate**, p. 4, 2006.
- CNI. **Mapa estratégico da indústria 2018 - 2022**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/mapa-estrategico-da-industria/fatores-chave/produtividade-e-inovacao-na-empresa/>>. Acesso em: 14 maio. 2020.
- COELHO, P. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2016.
- COTRIM, S. L.; GOUVEIA, P. Análise Do Modelo Triple Bottom Line: Conceito, Histórico E Estudo De Casos. v. 17, n. 19, 2006.
- DE SOUSA JABBOUR, A. B. L. et al. When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, n. October 2017, p. 18–25, 2018.
- DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: [s.n.].
- ELKINGTON, J. **Canibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Canadá: [s.n.].
- ELSEVIER B.V. Industry 4 . 0 : How Chemical Manufacturers Can Rise to the Challenges. 2017.
- FERREIRA, L. Trabalhando com o Método TOPSIS no contexto da Indústria 4 . 0 : SENAI CETIQT como indutor da tecnologia têxtil no Brasil. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 174, 2019.

- GERLITZ, L. Design for product and service innovation in Industry 4.0 and emerging smart society. **Journal of Security and Sustainability Issues**, v. 5, n. 2, p. 181–198, 16 dez. 2015.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 2ª Ed ed. São Paulo: [s.n.].
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. In: **Revista de Administração de Empresas**. Ed. 3 ed. [s.l: s.n.]. p. 20–29.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios**. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). **Anais...IEEE**, jan. 2016 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7427673/>>
- JOVANE, F. et al. The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 57, n. 2, p. 641–659, 2008.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Disponível em: <<https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>>.
- KUZNAZ, T.; PFOHL, H.-C.; YAHSI, B. **The impact of Industry 4.0 on the Supply Chain**. [s.l: s.n.].
- LEWIS, E.; LEWIS, E. Triple Bottom Line. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 3, p. 272, 2015.
- MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers and Industrial Engineering**, v. 127, n. November 2017, p. 925–953, 2019.
- MEKNI, M.; LEMIEUX, A. Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. **Applied Computational Science Augmented**, p. 10, 2012.
- MONOSTORI, L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 9–13, 2015.
- MORENO, M. V. et al. How can we tackle energy efficiency in iot based smart buildings? **Sensors (Switzerland)**, v. 14, n. 6, p. 9582–9614, 2014.
- MOYSÉS, F. Análise organizacional dos requisitos da indústria 4.0 com base em métodos multicritérios. 2016.
- OBRADOVIĆ, T.; VLAČIĆ, B.; DABIĆ, M. Open innovation in the manufacturing industry: A review and research agenda. **Technovation**, 2021.
- PALMA, J.M.B.; BUENO, U.S.; STOROLLI, W.G.; SCHIAVUZZO, P.L.; CESAR, F.I.G.; MAKIYA, I. K. . Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. **TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE**

FUTURE” - São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017, 2017.

PARAVIZO, E. et al. Exploring gamification to support manufacturing education on industry 4.0 as an enabler for innovation and sustainability. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 438–445, 2018.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A complex view of Industry 4.0. **SAGE Open**, v. 6, n. 2, p. 0–11, 2016.

RÜBMANN, M. et al. **Industry 4.0 - The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx>. Acesso em: 17 maio. 2019.

SHAFIQ, S. I. et al. Virtual engineering object/virtual engineering process: A specialized form of cyber physical system for industrie 4.0. **Procedia Computer Science**, v. 60, n. 1, p. 1146–1155, 2015.

SIGAHI, T. F. A. C.; ANDRADE, B. C. DE. A Indústria 4.0 na perspectiva da Engenharia de Produção no Brasil: levantamento e síntese de trabalhos publicados em congressos nacionais. 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. v. 5, n.6 ed. Florianópolis, UFSC: [s.n.].

SNIDERMAN, B.; MAHTO, M.; COTTELEER, M. **Industry 4.0 and manufacturing ecosystems - Exploring the world of connected enterprises**. 1º Ed ed. EUA: 2016, 2016.

TESSARINI JR., G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 743–769, 2018.

VARGAS, J.; TEIXEIRA, J. R. QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: COMO O MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO ESTÁ SE PREPARANDO PARA ESTA MUDANÇA ESTRUTURAL? **INTERNACIONAL ECOINNOVAR**, p. 1–15, 2017.

YIN, Y.; QIN, S. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 168781401882257, jan. 2019a.

YIN, Y.; QIN, S. F. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019b.