



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



ALEXANDRE EDUARDO SANCHES
GISELE DAS GRAÇAS SCHNEIDER E SILVA
MATHEUS VINÍCIUS GOUVÊA DIAS
MAX SUEL RUCKES

**CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADOS AO MONITORAMENTO
DA PRODUÇÃO DE OVOS: UM ESTUDO DE CASO**

CURITIBA
2022

ALEXANDRE EDUARDO SANCHES
GISELE DAS GRAÇAS SCHNEIDER E SILVA
MATHEUS VINÍCIUS GOUVÊA DIAS
MAX SUEL RUCKES

**CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADOS AO MONITORAMENTO
DA PRODUÇÃO DE OVOS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como resultado parcial
à obtenção do grau de Especialista em
Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-
graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia,
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2022**

RESUMO

Cada vez mais os conceitos da quarta revolução industrial, chamada Indústria 4.0, tem sido aplicados nas diversas áreas de conhecimento presentes no cotidiano da sociedade. No agronegócio não é diferente; entretanto, as soluções disponíveis no mercado por vezes ainda se mostram inacessíveis devido aos altos custos atrelados. É comum que pequenos e médios produtores do setor agrícola continuem a utilizar técnicas antigas para acompanhamento e controle de suas produções. É o caso da Granja Avita, localizada na cidade de Araucária-PR, que foi objeto desse estudo. Durante a visita técnica realizada na granja, foi possível diversas oportunidades de melhorias com aplicação dos conceitos e ferramentas da Indústria 4.0. Em especial, destacou-se a dificuldade de monitorar a produção de ovos dos diferentes galpões existentes na propriedade. Até então, as informações eram coletadas manualmente e alimentadas em controles de planilhas Excel. Esse procedimento ocasiona erros de apontamento e apresenta tempo elevado para o processamento das informações. Dessa maneira, foi proposto um projeto de melhoria com objetivo de desenvolver um sistema de monitoramento em tempo real da produção de ovos com custos acessíveis de implantação. Para elaborar a solução, utilizou-se a metodologia DMAIC de desenvolvimento de projetos. Como resultados de estudo, foram apresentados o sistema desenvolvido para monitoramento da produção a base de sensores e placa de prototipagem eletrônica (Arduino) e um *dashboard* de acompanhamento de produção para a Granja Avita. A partir dos resultados, concluiu-se que pequenas e simples soluções utilizando conceitos da Indústria 4.0 (como IoT através de Arduino, por exemplo) são capazes de resolver problemas complexos de gerenciamento de produção, não somente na indústria, mas também em toda a cadeia produtiva de alimentos.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Agricultura 4.0, IoT. *Data Analytics. Business Intelligence*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Galpão de produção de ovos da Granja Avita	8
Figura 2 - As quatro revoluções industriais	11
Figura 3 - Relação entre os três aspectos que compõem a IoT	14
Figura 4 - Aumento na complexidade agrícola com avanços desde a Agricultura 1.0 até a Agricultura 4.0	20
Figura 5 - Imagem aérea da Granja Avita em Araucária	23
Figura 6 - Estação de produção de ração	24
Figura 7 - Barracão de produção manual de ovos	25
Figura 8 - Galpões de produção manual de ovos	26
Figura 9 e Figura 10 - Área interna de um barracão de produção manual de ovos	26
Figura 11 - Imagem aérea do galpão automatizado	27
Figura 12 - Área interna do barracão automatizado e Figura 13 - Silos de armazenamento de ração	28
Figura 14 e Figura 15 - Esteiras de coleta de ovos e distribuição de ração	28
Figura 16 e Figura 17 - Sistema de transportadores de esterco	29
Figura 18 - Alinhamento dos ovos na esteira	30
Figura 19 - Organização dos ovos em bandejas	30
Figura 20 - Etapa de higienização dos ovos	31
Figura 21 - Inspeção visual através da técnica de ovoscopia	32
Figura 22 - Seleção automática dos ovos com base no tamanho e no peso	32
Figura 23 - Embalagem manual dos ovos	33
Figura 24 - Etapas da metodologia DMAIC	34
Figura 25 - Primeira etapa da metodologia DMAIC	34
Figura 26 - Matriz de seleção de projetos	36
Figura 27 - Segunda etapa da metodologia DMAIC	36
Figura 28 - Aplicação da ferramenta 5G	37
Figura 29 - Terceira etapa da metodologia DMAIC	38

Figura 30 - Aplicação do diagrama de Ishikawa.....	38
Figura 31 - Aplicação da ferramenta 5W+1H.....	39
Figura 32 - Aplicação da ferramenta dos 5 porquês	39
Figura 33 - Quarta etapa da metodologia DMAIC	40
Figura 34 - Quinta etapa da metodologia DMAIC	40
Figura 35 - Arduino Mega2560 WiFi R3.....	42
Figura 36 - Sensor de proximidade infravermelho E18-D80NK.....	43
Figura 37 - Módulo sensor de umidade e temperatura DHT11	44
Figura 38 - Sistema de monitoramento elaborado com Arduino e sensores	46
Figura 39 - <i>Dashboard</i> : produção de ovos, temperatura e umidade	47
Figura 40 - Curva de conforto térmico	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Especificações técnicas do Arduino Mega2560	42
Quadro 2 - Especificações técnicas do sensor de proximidade infravermelho E18-D80NK ...	43
Quadro 3 - Especificações técnicas do módulo sensor de umidade e temperatura DHT11 ...	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. JUSTIFICATIVA.....	8
1.4. OBJETIVOS.....	9
1.4.1. Objetivo Geral.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. INDÚSTRIA 4.0.....	10
2.1.1. <i>Internet</i> das Coisas (IoT)	12
2.1.1.1. <i>Sensores e atuadores</i>	15
2.1.2. Microcontroladores e Microprocessadores	16
2.1.3. <i>Data Analytics</i>	16
2.1.4. <i>Business Intelligence</i>	17
2.2. AGRICULTURA 4.0	19
3. METODOLOGIA E PROJETO	23
3.1. PRIMEIRA ETAPA: <i>DEFINE</i>	34
3.2. SEGUNDA ETAPA: <i>MEASURE</i>	36
3.3. TERCEIRA ETAPA: <i>ANALYZE</i>	38
3.4. QUARTA ETAPA: <i>IMPROVE</i>	40
3.5. QUINTA ETAPA: <i>CONTROL</i>	40
3.6. PROJETO DE DETALHAMENTO	41
4. RESULTADOS	45
4.1. SISTEMA DE MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO DE OVOS	45
4.2. <i>BUSINESS INTELLIGENCE</i> DA GRANJA AVITA.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a introdução do estudo realizado com intuito de contextualizar, justificar e esclarecer os objetivos do projeto.

Na sequência, o restante do documento está dividido nas seguintes seções: 2. Revisão Bibliográfica, 3. Metodologia e Projeto, 4. Resultados e Discussão, e 5. Conclusões. Por fim, as referências bibliográficas utilizadas para elaboração do trabalho em questão são apresentadas.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O avanço da tecnologia é uma realidade constante no mundo atual e que impacta diretamente todas as dimensões da sociedade.

Ao longo dos últimos anos foram desenvolvidos e apresentados diversos conceitos e tecnologias da quarta revolução industrial – mais comumente referida como Indústria 4.0 –, e atualmente a adequação a esse novo cenário proposto não é mais visto como um diferencial para empresas e negócios, mas sim como uma questão de sobrevivência no mercado.

Por mais que tenha sido inicialmente idealizada para atender as demandas dos sistemas de manufatura, hoje a transformação digital já ultrapassou os muros das indústrias e é aplicada nos mais diversos segmentos: medicina, vida cotidiana e agronegócio são alguns exemplos de áreas que desfrutam dos benefícios proporcionados pela transformação digital.

É justamente nesse último campo de atuação, do agronegócio, que o presente estudo foi desenvolvido, mais especificamente voltado para a aplicação de conceitos da indústria 4.0 na produção de ovos.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Embora o termo “Indústria 4.0” já tenha sido cunhado há mais de 10 anos (SALKIN *et al.*, 2017) e muitos processos de digitalização tenham sido forçadamente antecipados em razão da pandemia da COVID-19, o assunto ainda é pouco difundido

em termos de implementação de soluções reais, especialmente ao considerar o recorte do cenário brasileiro.

Pelo fato de ter sido desenvolvido para a indústria, é natural que o nível de maturidade seja maior nesse campo, o que faz com que outras áreas de atuação tenham grandes oportunidades para estudos e desenvolvimentos.

Entretanto, a jornada para a transformação digital muitas vezes se torna viável e, conseqüentemente, atrativa apenas para os grandes *players* do mercado, por se tratar de um processo bastante complexo e de alto investimento associado.

Nesse sentido, o mercado carece de soluções com custo acessível para pequenos e médios produtores do agronegócio, por exemplo.

1.3. JUSTIFICATIVA

A Granja Avita, localizada na cidade de Araucária-PR, que foi objeto de estudo do trabalho em questão, possui os controles referentes ao monitoramento da produção de ovos são realizados manualmente.

Figura 1 - Galpão de produção de ovos da Granja Avita



Fonte: autoria própria

Dessa forma, a suscetibilidade a erros na contagem e nos apontamentos, a demora na disponibilização e interpretação dos dados, e por vezes a falta de informações relevantes e a falta de indicadores são fatores que prejudicam a produtividade final e impactam diretamente nas tomadas de decisões.

Por esses motivos, a aplicação de ferramentas que auxiliem na geração, coleta e tratamento de mais dados do processo é de grande valia e traz benefícios para a produção.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

O principal objetivo do presente trabalho é desenvolver uma solução para o monitoramento em tempo real da produção de ovos em uma granja de galinhas poedeiras por meio da utilização de conceitos da indústria 4.0 a custos acessíveis.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Montar um sistema com placa de prototipagem eletrônica para coleta e transmissão dos dados de produção;
- Criar um dashboard para apresentação das informações mais relevantes referentes à produção de ovos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este espaço é reservado à revisão bibliográfica acerca dos assuntos pertinentes para a execução do projeto, com intuito de melhor fundamentar os conceitos que adiante serão explorados.

Serão abordados temas relacionados à Indústria 4.0, inicialmente de maneira mais abrangente e na sequência com ênfase mais direcionada ao contexto da agricultura.

2.1. INDÚSTRIA 4.0

As três primeiras revoluções industriais levaram cerca de dois séculos e são o resultado de, respectivamente: a) a introdução de instalações fabris movidas à água e a vapor; b) a aplicação de tecnologias de produção em massa movidas à eletricidade através da divisão de trabalho; e c) o uso de eletrônica e tecnologias de informação para apoiar a automação da manufatura (DRATH e HORCH, 2014 *apud* LIAO *et al.*, 2017).

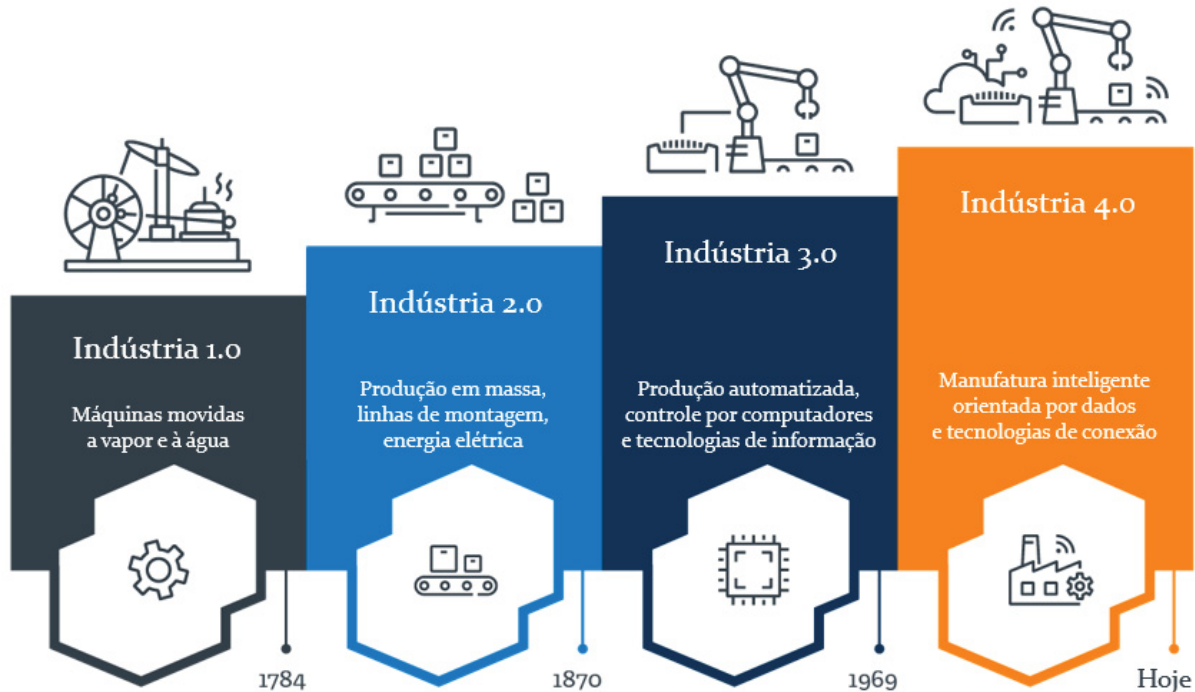
Desde que a primeira revolução industrial surgiu com o motor a vapor, mudanças radicais – como máquinas digitais e ambientes de manufatura automatizados – impactaram significativamente os níveis de produtividade. As principais razões e gatilhos para essas mudanças radicais são a individualização de demanda, a eficiência de recursos e os curtos períodos de tempo para desenvolvimento de produtos (SALKIN *et al.*, 2017).

A chamada quarta revolução industrial, relacionada ao termo “Indústria 4.0”, foi inicialmente declarada pelo governo alemão durante a Feira de Hannover em 2011 e representa a sinergia da integração entre avanços em tecnologias de informação, serviços e manufatura (SALKIN *et al.*, 2017).

De acordo com o conceito da Indústria 4.0, os fundamentos para sua implementação são: pesquisa e inovação, arquitetura de referência, padronização e segurança de sistemas conectados. Essa transformação é possível através de subestruturas adequadas que sejam sustentadas por sensores, máquinas, espaços de trabalho e sistemas de tecnologia de informação que se comunicam uns com os outros (SALKIN *et al.*, 2017).

A Figura 2 a seguir mostra um breve resumo das revoluções industriais que ocorreram ao longo da história.

Figura 2 - As quatro revoluções industriais



Fonte: adaptado de Flynn (2020)

Ou seja, a Indústria 4.0 tem foco no estabelecimento de sistemas inteligentes e comunicativos que incluem comunicação máquina-máquina e interação homem-máquina. Isso significa que agora e cada vez mais no futuro, as empresas precisarão lidar com uma gestão efetiva de fluxo de dados baseada em aquisição e avaliação de dados extraídos da interação de sistemas inteligentes e distribuídos. A ideia principal da aquisição e processamento de dados é a instalação de sistemas autocontroláveis que permitam tomar precauções antes que a operação do sistema sofra (SALKIN *et al.*, 2017).

Desse modo, com o recente aumento de pesquisas relacionadas à Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT) e aos sistemas ciber-físicos, governos e indústrias ao redor do mundo estão buscando ao máximo maneiras de aproveitar o que a tendência da nova revolução industrial tem a oferecer (RIDGWAY *et al.*, 2013 *apud* LIAO *et al.*, 2017, SIEMIENIUCH *et al.*, 2015 *apud* LIAO *et al.*, 2017).

O estudo de Frank *et al.* (2019), com objetivo de compreender os padrões de adoção das tecnologias da Indústria 4.0 em empresas manufatureiras, propõe um

framework conceitual para essas tecnologias e faz a divisão em *front-end* e tecnologias de base. As tecnologias *front-end* consideram quatro dimensões: manufatura inteligente, produtos inteligentes, cadeia de suprimentos inteligente e trabalho inteligente, enquanto as tecnologias de base consideram quatro elementos: Internet das Coisas (IoT), serviços em nuvem, *big data* e *analytics*. Os estudos mostram que a Indústria 4.0 está relacionada a uma adoção sistêmica das tecnologias *front-end*, nas quais a manufatura inteligente desempenha um papel central e que a implementação das tecnologias de base é um desafio para as empresas, uma vez que *big data* e *analytics* ainda são pouco implementados. As empresas com um nível avançado de implementação da Indústria 4.0 tendem a adotar a maioria das tecnologias de *front-end*, e não um subconjunto específico, para as quais é possível traçar uma sequência de etapas de implementação.

Dillinger *et al.* (2022) apresentam uma interrelação entre tecnologias relevantes da Indústria 4.0, elaborada por meio do método de estudo Delphi e matrizes de interdependência. A partir disso, uma sequência de implementação da Indústria 4.0 para empresas de manufatura foi derivada e validada por especialistas. Além da possibilidade de adequar a sequência aos requisitos específicos da empresa e integrar informações complementares, uma perspectiva de pesquisa e aprimoramento da estratégia de implementação é a integração da manufatura enxuta. Assim, as empresas podem ser apoiadas no processo de transformação holística no sentido do modelo humano-tecnologia-organização.

Um ponto comum encontrado na literatura é a realidade em que as empresas de manufatura se encontram ao deparar com desafios complexos, como globalização e personalização em massa, por exemplo. Uma alternativa para enfrentar esses desafios é a Indústria 4.0, que foca na otimização dos processos industriais e se caracteriza pela digitalização e *networking* de todos os participantes da cadeia de valor. No entanto, a implementação sistemática de tecnologias da Indústria 4.0 na produção é complexa devido à falta de conhecimento e pesquisa nas interações entre as tecnologias únicas.

2.1.1. *Internet* das Coisas (IoT)

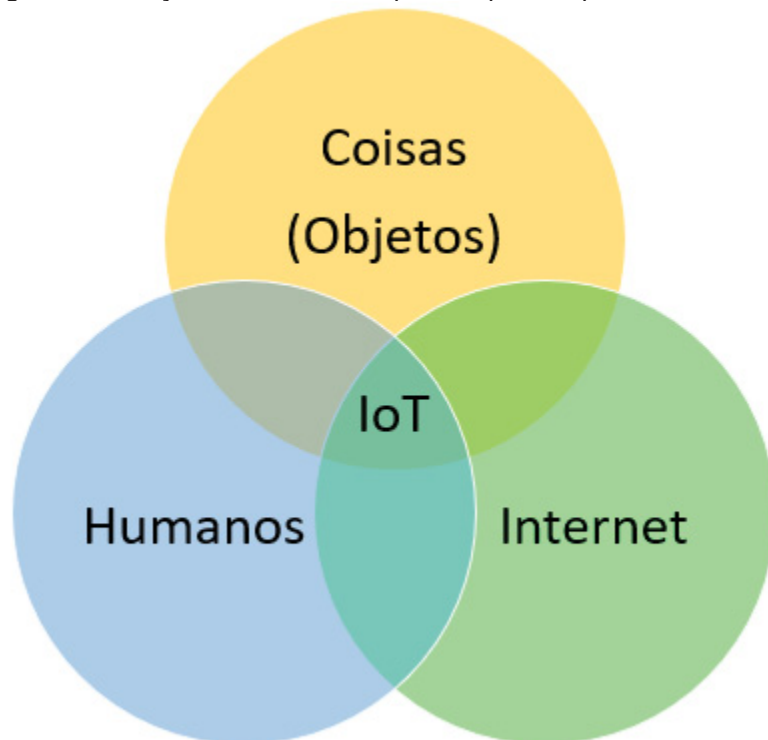
Ao longo dos últimos anos, um dos termos mais familiares que tem alcançado novos patamares é a *Internet* das Coisas (IoT). É com certeza o futuro da comunicação que transformou as coisas (objetos) do mundo real em dispositivos inteligentes (KHANNA *et al.*, 2019).

Historicamente, a internet passou por diversas transformações e diversos avanços até chegar na fase em que se encontra atualmente. A primeira fase foi a *Pré-Internet*, em que a comunicação era possível através de uma linha fixa de telefone e serviço de mensagens de texto (SMS), que depois evoluiu para os dispositivos de telefonia móvel. A segunda fase foi a *Internet* de Conteúdo, capaz de enviar mensagens de maior tamanho, por exemplo *e-mails* com anexos. A terceira fase foi a *Internet* de Serviços, focada em aplicações eletrônicas como *e-commerce*, por exemplo. A quarta fase foi a *Internet* das Pessoas, em que a interação era realizada através das mais variadas redes sociais, como *Facebook*, *Instagram*, *LinkedIn*, por exemplo. A fase atualmente em progresso é a *Internet* das Coisas (IoT). O aspecto funcional da IoT é conectar todo e qualquer objeto do mundo de maneira que o ser humano tenha a capacidade de controlá-los via *internet*. Além disso, esses objetos também podem se comunicar entre si e desempenhar atividades direcionadas ou programadas de acordo com o *design* e as capacidades funcionais de diversos objetos (KHANNA *et al.*, 2019).

O conceito de IoT foi introduzido por Kevin Ashton em 1999 para vincular a Identificação por Radiofrequência (RFID) da cadeia de suprimentos à *internet*. Embora não tenha uma definição oficial, a IoT implica na conexão de uma rede de “coisas” à *internet* ou através da *internet*. As “coisas” podem ser qualquer objeto com sensores e/ou atuadores que seja exclusivamente endereçável, interconectado e acessível por meio da rede mundial de computadores, isto é, a *internet* (VILLA-HENRIKSEN *et al.*, 2020).

Embora a IoT seja toda sobre a sincronização de coisas (objetos) na *internet*, é a intervenção humana que torna o conceito uma possibilidade (KHANNA *et al.*, 2019). A Figura 3 apresenta a relação entre os três aspectos da IoT.

Figura 3 - Relação entre os três aspectos que compõem a IoT



Fonte: adaptado de Khanna *et al.* (2019)

Com a utilização de ferramentas e dispositivos de comunicação, as máquinas podem interagir para alcançar dados objetivos, concentrando-se na incorporação de sensores inteligentes em ambientes e processos do mundo real. A *Internet Industrial das Coisas (Industrial Internet of Things, IIoT)* baseia-se em ambos os objetos inteligentes e redes inteligentes, e também possibilita a integração de objetos físicos na rede em processos de manufatura e serviços. Em outras palavras, o objetivo principal da IIoT é fornecer computadores e máquinas que vejam e sintam as aplicações do mundo real para que possam fornecer conectividade a qualquer momento, em qualquer lugar, para qualquer pessoa, para qualquer coisa (IERC 2011 *apud* SALKIN *et al.*, 2017).

A determinação do *status* físico de objetos através de sensores e da integração com a *internet* pode gerar uma enorme quantidade de dados operacionais coletados e processados, que permitem resposta em tempo real como reação do *status* das coisas (IERC 2011 *apud* SALKIN *et al.*, 2017).

Soluções inteligentes podem evoluir para soluções integradas e sistemas inteligentes de produtos e serviços quando produtos e serviços são projetados para trabalhar em conjunto, alavancando novos modelos de negócios habilitados para IoT (PASCHOU *et al.*, 2020, LU *et al.*, 2019).

2.1.1.1. Sensores e atuadores

Sensores e atuadores são a tecnologia de base para sistema embarcados visto que todo sistema possui uma unidade de controle, geralmente um ou mais microcontroladores, que monitoram os sensores e atuadores necessários para interagir com o mundo real. A unidade de controle conduz a função de processamento de sinal nesses sistemas. Como sensores e atuadores inteligentes tem sido desenvolvido para condições industriais, os sensores lidam com o processamento do sinal para transformar os dados em informações úteis e os atuadores checam independentemente o *status* atual da produção e alteram as condições físicas para correção, se necessário. Esses sensores transmitem os dados para uma unidade de controle central por meio de *field buses*. Nesse sentido, sensores e atuadores podem ser definidos como elementos centrais para sistemas embarcados completos (JAZDI, 2014 *apud* SALKIN *et al.*, 2017, TOTVS, 2022).

Os benefícios dos sensores e atuadores são (VDMA 2016 *apud* SALKIN *et al.*, 2017):

- Rastreamento em tempo real ao longo de todo sistema de produção ou serviço;
- Documentação contínua e coleta de dados para fundamentar análises de *big data*, *deep learning* e extração de conhecimento;
- Disponibilidade aprimorada de sistema através de monitoramento de condições.

Atuadores são considerados como transdutores, mas fazem o caminho contrário aos sensores, eles transformam sinais elétricos em grandezas físicas sendo capazes de realizar ações que modificam o ambiente em que estão inseridos.

Os atuadores atendem a comandos que podem ser manuais ou automáticos, ou seja, qualquer elemento que realize um comando recebido de outro dispositivo, com base em uma entrada ou critério a ser seguido. Um bom exemplo de atuador é um relé que funciona com pequenas correntes, mas é capaz de ativar ou desativar circuitos externos que possuem correntes elevadas. (BRUGNARI; MAESTRELLI, 2010).

2.1.2. Microcontroladores e Microprocessadores

Os microcontroladores desempenham funções básicas em diversos equipamentos do cotidiano, tais como: eletrodomésticos, telefonia móvel, monitoramento, brinquedos, entre outros.

Os microprocessadores são mais antigos que os microcontroladores e, de fato, é difícil falar da diferença entre eles. Dentro de todo microcontrolador há um microprocessador, além de outros componentes, e eles operam em aplicações muito semelhantes. A diferença conceitual é que, basicamente, o microprocessador não possui periféricos e memória interna, enquanto o microcontrolador possui. Os microcontroladores são na verdade uma evolução dos microprocessadores.

O microcontrolador é um pequeno componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos. O controle de processos deve ser entendido como o controle de periféricos, tais como: LED's, botões, *displays* de segmentos, *displays* de cristal líquido (LCD), resistências, relês, sensores diversos (pressão, temperatura etc.) e muitos outros. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ou saída.

O microcontrolador é programável, pois toda a lógica de operação é estruturada na forma de um programa e gravada dentro do componente, em linguagem *assembler*. Depois disso, toda vez que o microcontrolador for alimentado, o programa interno será executado.

Quanto à “inteligência” do componente, pode-se associá-la à Unidade Lógica Aritmética (ULA), pois é nessa unidade que todas as operações matemáticas e lógicas são executadas (SOUZA, 2003).

2.1.3. *Data Analytics*

Devido aos rápidos desenvolvimentos no domínio dos dados, as empresas passaram a dar valor para um ativo antes não tão explorado: os dados do negócio. Com isso, o *data analytics* tem ganhado cada vez maior importância e tem auxiliado as indústrias nos processos para tomada de decisões mais inteligentes e, conseqüentemente, alcançar melhores resultados de negócios. Por esse motivo, o *data*

analytics tem se tornado um tópico atrativo para praticamente todas as empresas na era da Indústria 4.0 (JAIN, 2017 *apud* SIVRI *et al.*, 2017, MAXIMIZA, 2022).

Geralmente o *data analytics* é dividido em três subtópicos. O primeiro é a Análise Descritiva que resume os dados e reporta o passado. Esse subtópico responde à pergunta “O que aconteceu?” e extrai informações dos dados brutos (DELEN; DEMIRKAN, 2013 *apud* SIVRI *et al.*, 2017).

O segundo subtópico é a Análise Preditiva que é considerada como a fase de previsão. Essa fase inclui o *output* da análise descritiva assim como algumas técnicas e algoritmos de *machine learning* (ML) para construir modelos precisos que preveem o futuro. A análise preditiva responde às perguntas “O que vai acontecer?” e “Por que isso vai acontecer?” no futuro (DELEN; DEMIRKAN, 2013 *apud* SIVRI *et al.*, 2017).

Por fim, o subtópico da Análise Prescritiva tem o objetivo de fornecer valor de negócio através de melhores decisões estratégicas e operacionais. Tudo se resume a fornecer conselhos. De maneira geral, a análise prescritiva é também uma análise preditiva que prescreve alguns caminhos e ações e mostra o resultado provável ou a influência de cada ação. Essa fase responde às perguntas “O que eu devo fazer?” e “Por que eu devo fazer isso?” (SOLTANPOOR; SELLIS, 2016 *apud* SIVRI *et al.*, 2017).

O conceito de *data analytics* é dado pela utilização de processos e tecnologias na análise de conjuntos de dados para tomadas de decisões estratégicas. Na prática, trata-se de uma união de soluções de *Business Intelligence* (BI), *Data Mining* e *Datawarehouse* (MAXIMIZA, 2022).

O melhor desse cenário é que os benefícios da análise de dados, a partir da coleta, armazenamento, processamento e gestão de informações, se tornaram acessíveis a todo tipo de empresa e todas as vertentes da gestão de um negócio: financeira, *marketing*, logística, jurídico e relacionamento com o cliente (MAXIMIZA, 2022).

2.1.4. *Business Intelligence*

Segundo Romero *et al.* (2021), inteligência de negócios (*Business Intelligence*, BI) é definida como um processo de tomada de decisão apoiado pela integração e análise dos recursos de dados de uma organização. À medida que as informações foram identificadas como o ativo mais valioso de uma empresa, o BI desempenha um

papel cada vez mais crítico e tornou-se um recurso fundamental para o seu desenvolvimento.

Atualmente, porque os dados constituem uma nova classe de ativo econômico, semelhante à moeda ou ouro (DJERDJOURI, 2019), o BI tornou-se um desafio para a tecnologia da informação – Indústria 4.0 – também como uma questão de gestão muito importante. Sua importância foi especialmente reconhecida para desenvolver recursos de tomada de decisão baseados em análise refletidos em *software* e sistemas de computador (ŁABEDZKA, 2018).

Os ambientes de negócios estão se tornando complexos no contexto da Indústria 4.0. Portanto, para dar respostas rápidas nestes mercados dinâmicos, as empresas exigem inovações e tecnologias avançadas (AHMAD *et al.*, 2020). Nesse contexto, ferramentas tecnológicas – como inteligência de negócio (BI) – são necessárias tanto para o processamento da informação quanto para a correta tomada de decisões em nível corporativo. Se esta ferramenta tecnológica for implementada em uma organização, pode proporcionar diversos benefícios como arquitetura, gerenciamento de dados, informação eficiente e atendimento ao cliente. Com essa abordagem, as empresas podem adquirir uma visão mais clara de quão importante o BI se torna em todos os diferentes ambientes (NEGRO; MESIA, 2020).

O ambiente de negócios altamente instável, bem como as oportunidades que surgem na economia, exigem um processo de tomada de decisão rápido e eficiente. Acompanhando essas dinâmicas mudanças dentro e fora das organizações, manter metas sustentáveis é, de fato, um feito desafiador. No entanto, isso é possível devido aos diferentes conceitos modernos e ferramentas disponíveis como Indústria 4.0 e BI (ODWAŚNY *et al.*, 2019).

Analisando o processo de transformação digital para BI, na era da Indústria 4.0, indústrias altamente automatizadas foram criadas por tecnologias digitais avançadas, como Internet das Coisas, análise de *Big Data* e visualização de dados (MAGDALENA *et al.*, 2019). Essas tecnologias recentes tem sido amplamente utilizadas nas indústrias como *dashboards*, uma ferramenta de BI que fornece *insights* de dados analíticos para a alta direção para tomada de decisão no que diz respeito à otimização do desempenho do sistema e do processo (AHMAD *et al.*, 2020).

Romero *et al.* (2021) concluem que as tecnologias como *big data*, BI e a Internet das Coisas são verdadeiros pilares de desenvolvimento para as organizações, porque apoiam a tomada de decisão, previsão e economia corporativa. A tecnologia de BI

ajuda a organização a atingir seus objetivos de negócios primários, e atrelada à implementação das tecnologias 4.0, promove o sucesso quando aliado ao uso adequado de seu principal ativo, que é a informação. Se elas receberem suporte da gestão e formação eficazes, o desenvolvimento será ainda maior. É notória a importância que a integração das tecnologias ERP, IoT e BI adquire, contribuindo para o crescimento em todos os aspectos organizacionais, começando com mudanças no nível operacional e terminando com uma base decisiva para a tomada de decisões gerenciais.

2.2. AGRICULTURA 4.0

A agricultura tem sido importante em todas as eras da história humana, não apenas para alimentar a crescente população, mas também para servir outros propósitos como a produção de medicamentos, fibras e combustíveis (ALWIS *et al.*, 2022).

De acordo com Clercq *et al.* (2018), em 2050 será necessário produzir 70% mais comida do que as quantidades de produção atuais. Nesse contexto, a agricultura é um setor essencial no objetivo de redução da fome e ao mesmo tempo crucial para a elaboração de políticas econômicas globais (BAYIH *et al.*, 2022).

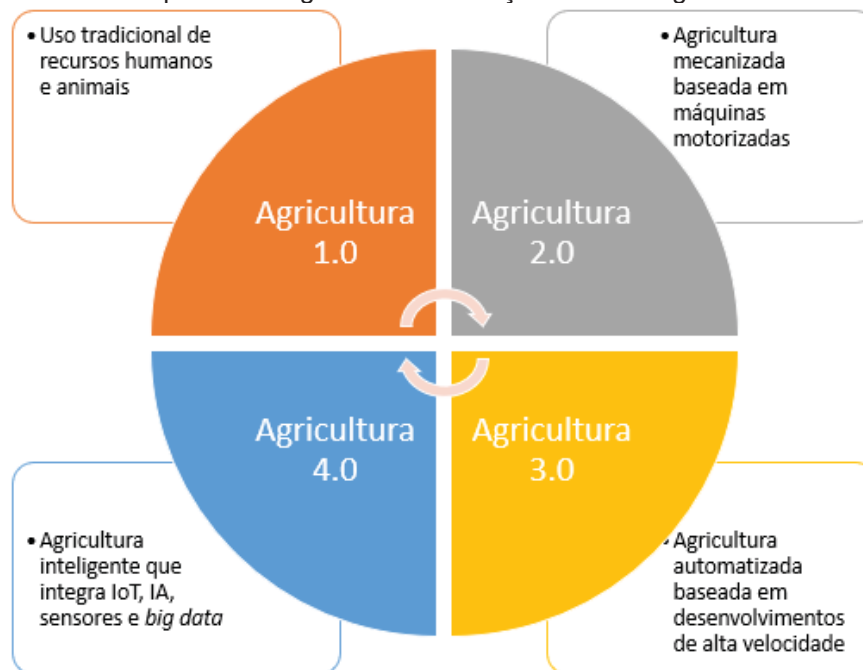
Os conceitos e técnicas da agricultura tradicional não serão suficientes para suprir a demanda futura e é por esse motivo que a indústria de comida já está passando por uma transformação fundamental dirigida por novas tecnologias que soam muito promissoras, uma vez que possibilitam que esse setor primário mova para um próximo nível de produtividade e lucratividade (CLERCQ *et al.*, 2018, HIMESH, 2018 *apud* SAIZ-RUBIO *et al.*, 2020).

Fazendas modernas e operações agrícolas terão que trabalhar de maneira diferente, principalmente por causa dos avanços tecnológicos. A agricultura do futuro utilizará tecnologias sofisticadas como robôs, sensores de temperatura e humidade, imagens aéreas e tecnologia GPS, para mencionar algumas. Esses avanços permitirão que o negócio seja mais rentável, eficiente, seguro e ecologicamente correto (CLERCQ *et al.*, 2018).

A chamada quarta revolução industrial está agora alcançando a agricultura (LEZOCHÉ *et al.*, 2020) e diversos termos surgiram para denominar o fenômeno.

Dentre eles, destacam-se: *Smart Farming*, Agricultura de Precisão, Agricultura Digital e Agricultura 4.0 (KLERKX *et al.*, 2019). A Figura 4 apresenta um breve resumo das transformações que aconteceram historicamente no âmbito da agricultura.

Figura 4 - Aumento na complexidade agrícola com avanços desde a Agricultura 1.0 até a Agricultura 4.0



Fonte: adaptado de Friha *et al.* (2021) *apud* Maraveas *et al.* (2022)

Hansen *et al.* (2018) *apud* Alwis *et al.* (2022) definem *Smart Farming* como “a aplicação de inovações em engenharia e tecnologia para oferecer intervenções positivas nas atividades agrícolas”.

A Agricultura 4.0 surge para fornecer tecnologias avançadas aos agricultores com objetivo de solucionar os desafios de produção do setor *agri-food*, ou seja, para alcançar preços mais acessíveis para o mercado aberto e mínimo custo para os produtores (LEZOCHE *et al.*, 2020), além de garantir melhor qualidade dos produtos por meio de monitoramento adequado (ALWIS *et al.*, 2022).

A digitalização implica na gestão de tarefas focada em diferentes tipos de dados (localização, clima, consumo de energia, preços e informação econômicas, etc.), utilizando sensores, máquinas, drones e satélites para monitorar animais, solo, água, plantas e humanos. Os dados obtidos são usados para interpretar o passado e prever o futuro, para tomar decisões mais oportunas ou precisas, seja através do constante monitoramento ou consultas específicas da ciência de *big data* (EASTWOOD *et al.*,

2017 *apud* KLERKX *et al.*, 2019, JANSSEN *et al.*, 2017 *apud* KLERKX *et al.*, 2019, WOLFERT *et al.*, 2017 *apud* KLERKX *et al.*, 2019).

A disponibilidade de informações confiáveis e específicas em tempo real pode contribuir significativamente para uma produção mais suficiente. Ferramentas de coleta e disseminação de dados de maneira automatizada, precisa e acessível são vitais para trazer informações a esses níveis. A Internet das Coisas (IoT) e as redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Networks*, WSNs) são tecnologias úteis nesse sentido (BAYIH *et al.*, 2022).

De acordo com Mariani *et al.* (2016) *apud* Saiz-Rubio *et al.* (2020), estima-se que com as novas tecnologias, a Internet das Coisas (IoT) tem potencial para aumentar a produtividade agrícola em 70% até 2050. Atualmente, de 10% a 15% dos agricultores norte-americanos estão utilizando soluções IoT em mais de 1200 milhões de hectares e 250.000 fazendas (ALPHA BROWN, 2018 *apud* SAIZ-RUBIO *et al.*, 2020).

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia-chave no contexto agrícola que está associada ao uso de sensores e outros dispositivos para transformar todo elemento e atividade envolvida em dados – e garantir o fluxo desses dados – de modo a agregar valor através de processamento, análise e acesso automáticos. Em conjunto com a aplicação de outras tecnologias, como visão computacional e aprendizagem de máquina, isso possibilita que a agricultura se torne orientada por dados, faz com que a produção e a gestão de fazendas seja mais oportuna e vantajosa, melhora a qualidade dos produtos ao mesmo tempo em que reduz o impacto ecológico (ALPHA BROWN, 2018 *apud* SAIZ-RUBIO *et al.*, 2020, VILLA-HENRIKSEN *et al.*, 2020, MESHRAM *et al.*, 2021).

Além disso, a Internet das Coisas (IoT) facilita a documentação e supervisão de diferentes atividades, assim como a rastreabilidade de produtos, melhorando o levantamento e controle ambiental nas fazendas por parte das autoridades apropriadas (VILLA-HENRIKSEN *et al.*, 2020).

A implementação dessas técnicas vai lidar com os dados dos agricultores, vai integrar novos repositórios de dados de fornecedores externos, vai transformar dados em conhecimento e vai alimentar sistemas de suporte à tomada de decisão (LEZOCHÉ *et al.*, 2020).

A Agricultura 4.0 oferece a agricultores, fornecedores de tecnologia e serviços, governos, agências e outros *stakeholders* (organizações financeiras, investidores, etc.) a oportunidade de compartilhar experiências e preocupações na otimização da cadeia

de suprimentos da agricultura através de uma integração transversal com a aplicação e gestão de tecnologias de informação e comunicação (*Information and Communication Technologies*, ICTs) (SWISHER *et al.*, 2018 *apud* LEZOCHÉ *et al.*, 2020, OBERHOLSTER *et al.*, 2015 *apud* LEZOCHÉ *et al.*, 2020, SUNDMAEKER *et al.*, 2016 *apud* VILLA-HENRIKSEN *et al.*, 2020).

Hoje, e cada vez mais no futuro, os dados são a alma de qualquer negócio e a agricultura não é uma exceção, por isso a revolução da Agricultura 4.0 deve ser verde, tendo a ciência e a tecnologia como coração (LEZOCHÉ *et al.*, 2020, BEDDINGTON, 2010 *apud* CLERCQ *et al.*, 2018).

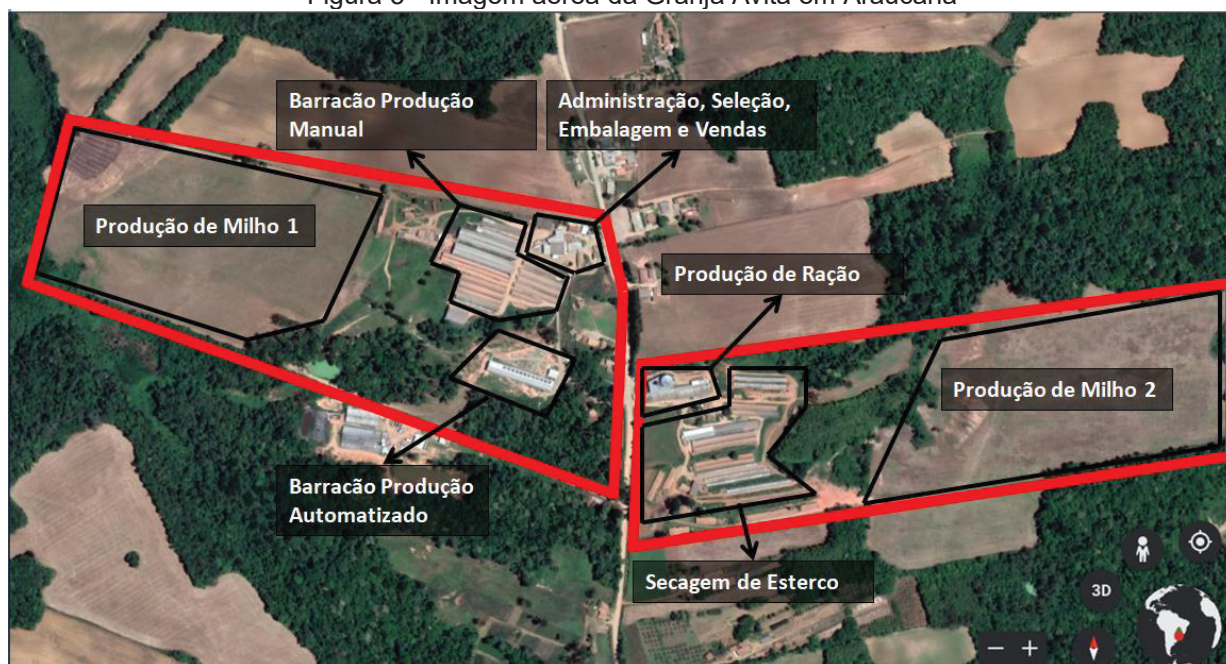
3. METODOLOGIA E PROJETO

O presente projeto foi desenvolvido em parceria com a Granja Avita, localizada no município de Araucária-PR, com intuito de contribuir com melhorias nas diferentes etapas da produção de ovos.

Uma visita técnica foi realizada no local (*Gemba*) para identificar as oportunidades de atuação da equipe nos processos de administração, operação e manutenção da granja.

Na sequência um panorama geral da companhia é apresentado de maneira resumida, mencionando os diversos setores visitados e processos existentes, para melhor fundamentar as futuras discussões.

Figura 5 - Imagem aérea da Granja Avita em Araucária



Fonte: acervo Granja Avita

• Produção de Milho

A Granja possui duas áreas destinadas ao plantio de milho que ocorre uma vez por ano devido ao clima de região. A produção atende aproximadamente quatro meses da necessidade anual total de farelo de milho, que é posteriormente misturado com outros insumos para formar a ração diária para as aves.

- **Produção de Ração**

A produção de ração é considerada a principal responsável pela taxa de produção diária de ovos, pois diante da sua correta formulação e processamento dos insumos de milho, soja, trigo e calcário é possível manter uma boa média de disponibilidade de ovos.

Divergências durante a produção de ração, tais como quantidades incorretas de cada insumo ou tempo de processamento em desacordo com as especificações de procedimento, podem ocasionar perdas de até 30% na produção de ovos.

Figura 6 - Estação de produção de ração



Fonte: autoria própria

- **Secagem de Esterco**

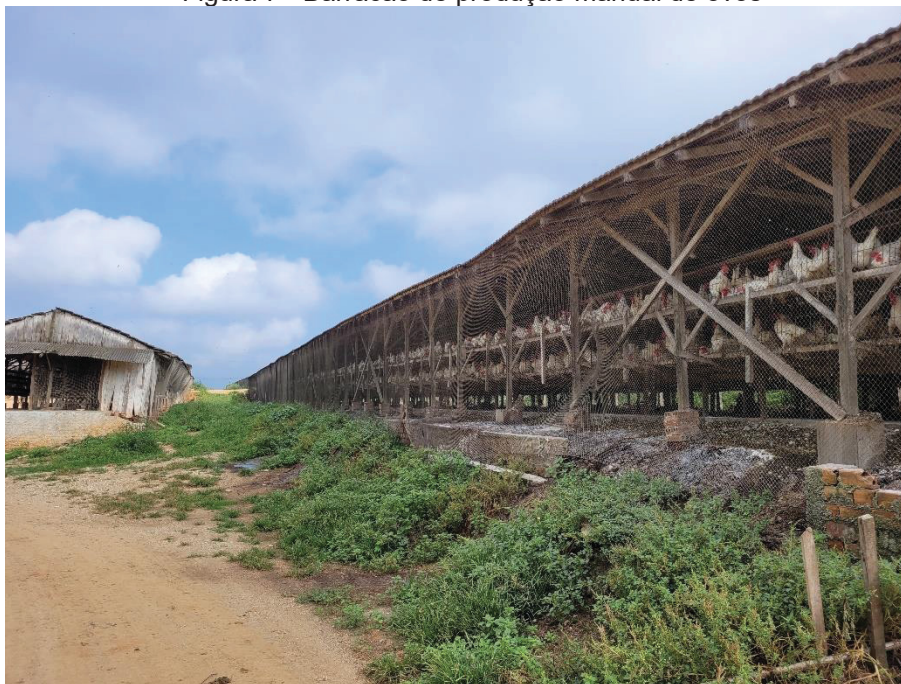
Nesta área distante da produção de ovos encontra-se o processo de secagem de esterco de galinha. Após a secagem o material é triturado para ser vendido como produto ecologicamente correto, em sacos ou a granel para pequenos produtores, comerciantes e moradores da região.

- **Barracão de Produção Manual de Ovos**

A propriedade possui 15 galpões para produção de ovos com toda coleta, limpeza do esterco e distribuição de ração feita manualmente por funcionários.

A empresa optou por trabalhar com aves de raça que produzem ovos jumbo e grande, visando desta forma atender um nicho de mercado composto por chefs de cozinha, panificadoras, confeitarias, pequenos mercados, vendedores autônomos e clientes diretos e se afastando de grandes redes de supermercados que preferem ovos menores e preço mais baixo.

Figura 7 - Barracão de produção manual de ovos



Fonte: autoria própria

Cada galpão comporta aproximadamente 3000 aves; a quantidade varia devido ao fato dos tamanhos e construções serem diferentes entre si. É necessário ter um funcionário para cada dois barracões com a função de coletar os ovos e manter a alimentação duas vezes ao dia neste tipo de aviário. A limpeza do esterco depende do volume acumulado que pode demorar alguns dias na média geral.

A propriedade possui um total de aproximadamente 45.000 aves nesta condição de processo manual de coleta de ovos.

Abaixo uma imagem antiga como referência dos galpões de produção manual de ovos.

Figura 8 - Galpões de produção manual de ovos



Fonte: acervo Granja Avita

A Figura 9 e a Figura 9 apresentam uma referência da dificuldade de produção e ergonomia dos produtores para desempenhar as atividades de distribuição de ração, limpeza do esterco e coleta dos ovos nos galpões manuais.

Figura 9 e Figura 10 - Área interna de um barracão de produção manual de ovos



Fonte: autoria própria

- **Barracão de Produção Automatizado de Ovos**

A propriedade também dispõe de um galpão principal com sistema automatizado de produção. Essa instalação comporta 60.000 aves melhor distribuídas em um espaço com mais de 300 metros de comprimento e 5 metros de altura.

Esse barracão exige apenas um funcionário para manter o funcionamento de todo o sistema e possui placas de sistema de captação de energia solar; o excedente é enviado para a rede de distribuição de energia elétrica da Copel.

Figura 11 - Imagem aérea do galpão automatizado



Fonte: acervo Granja Avita

No lado externo existem dois silos que são carregados manualmente com ração a cada três dias.

Internamente existe um sistema de esteiras para retirada dos ovos e esterco das aves que facilita a operação e manutenção da produção.

A alimentação é programada para ser feita automaticamente a cada hora com a quantidade ideal de ração evitando o desperdício e aumentando a produção de ovos.

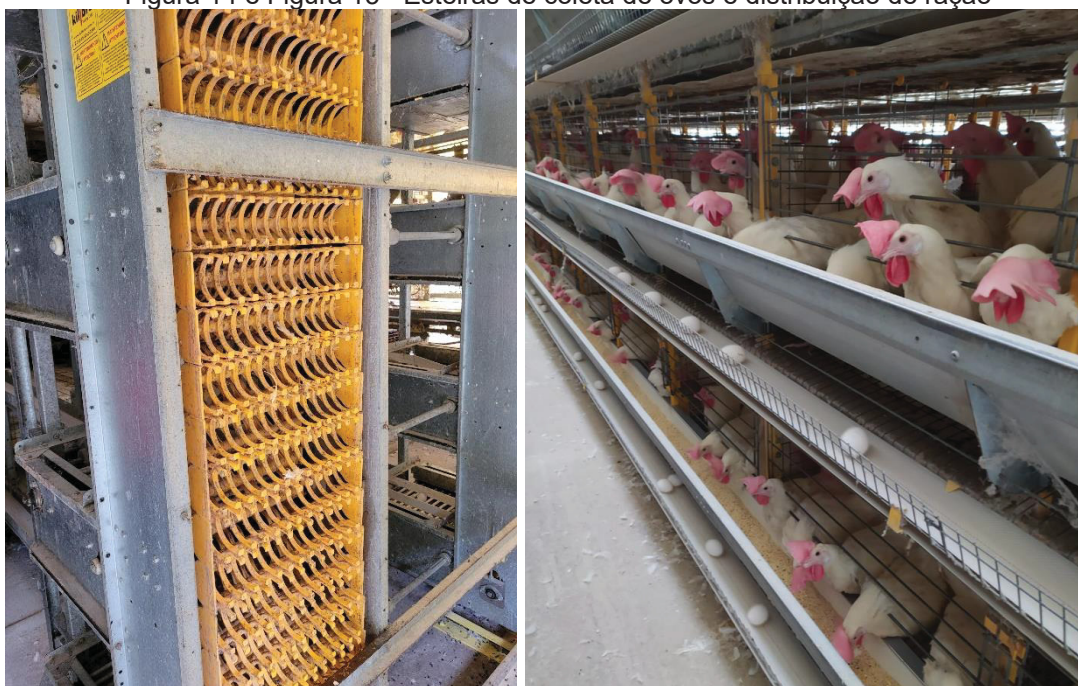
As figuras a seguir apresentam maiores detalhes do galpão automatizado de produção de ovos.

Figura 12 - Área interna do barracão automatizado e Figura 13 - Silos de armazenamento de ração



Fonte: autoria própria

Figura 14 e Figura 15 - Esteiras de coleta de ovos e distribuição de ração



Fonte: autoria própria

A Figura 16 e Figura 16 apresentam o sistema de transportadores responsáveis por carregar o esterco para o lado externo da instalação; na sequência o

conteúdo é enviado por meio de tratores à área de secagem para posterior venda como adubo.

Figura 16 e Figura 17 - Sistema de transportadores de esterco



Fonte: autoria própria

A última parte dessa etapa do processo acontece em uma estrutura anexa ao galpão automatizado, aonde os ovos chegam por meio de esteiras para que sejam organizados nas bandejas que seguirão para a etapa seguinte de higienização, seleção e embalagem dos ovos.

Figura 18 - Alinhamento dos ovos na esteira



Fonte: autoria própria

Figura 19 - Organização dos ovos em bandejas



Fonte: autoria própria

- **Seleção e Embalagem de Ovos**

Na mesma estrutura do prédio administrativo da empresa, encontra-se o setor de finalização do processo produtivo, que contempla as etapas de higienização, seleção e embalagem dos ovos antes de serem enviados ao cliente.

A higienização dos ovos é realizada em uma esteira especial do equipamento *Yamasa* apresentado na figura abaixo.

Figura 20 - Etapa de higienização dos ovos



Fonte: autoria própria

Após a higienização, os ovos são encaminhados para a etapa de inspeção visual através da técnica de ovoscopia para identificar defeitos de rachadura, casca fina, etc, conforme apresentado na Figura 21.

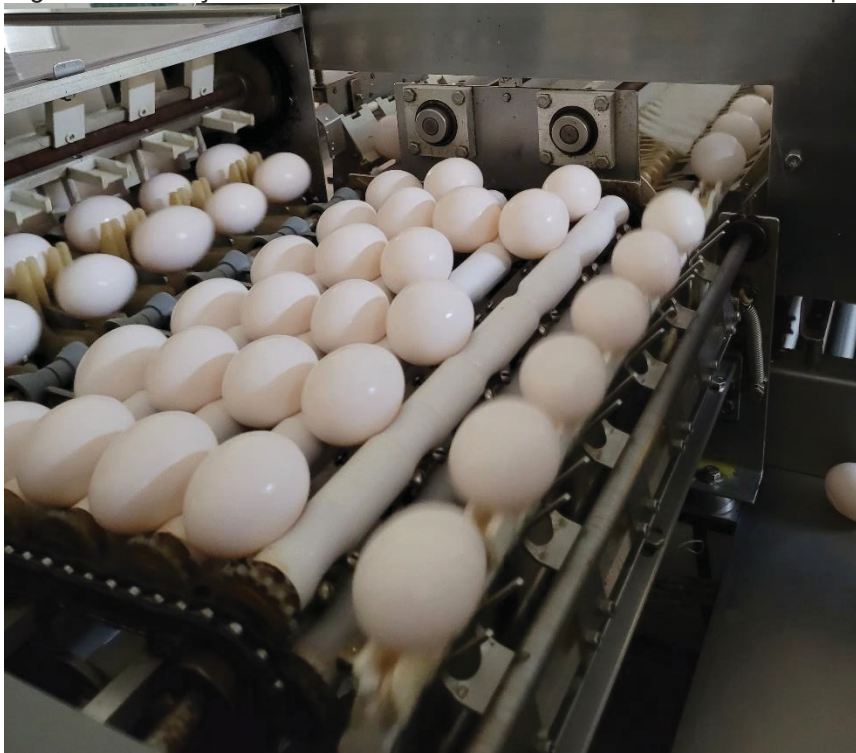
Figura 21 - Inspeção visual através da técnica de ovoscopia



Fonte: autoria própria

No final do processo, os ovos são selecionados automaticamente com base no tamanho e no peso, e posteriormente são embalados manualmente e enviados ao estoque de produção.

Figura 22 - Seleção automática dos ovos com base no tamanho e no peso



Fonte: autoria própria

Figura 23 - Embalagem manual dos ovos



Fonte: autoria própria

Para o desenvolvimento do presente projeto utilizou-se a metodologia DMAIC apresentada na disciplina “*Lean Six Sigma* e Tecnologias 4.0” ministrado pelo Professor Anderson Donato no Programa de Pós- Graduação em Engenharia Industrial 4.0 da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Chappell e Peck (2006) *apud* Uluskan (2016) definem a metodologia DMAIC como uma mistura de ferramentas quantitativas e qualitativas pela qual as causas raízes dos problemas são identificadas.

De forma simples e resumida, quando possível os conceitos de *Six Sigma* são aplicados para definir as necessidades e principalmente a “dor” do cliente e, a partir disso, alinhar o escopo do projeto com precisão.

A Figura 24 apresenta de maneira resumida as 5 etapas previstas na metodologia DMAIC para o desenvolvimento do projeto.

Figura 24 - Etapas da metodologia DMAIC

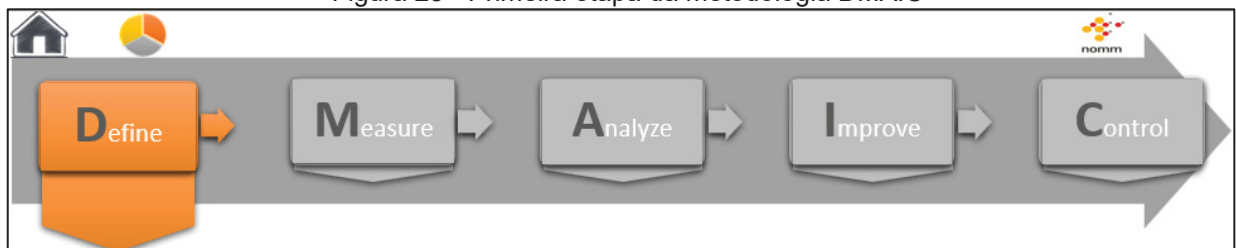


Fonte: Donato (2020)

Na sequência cada uma das etapas previamente apresentadas será melhor detalhada no contexto do projeto desenvolvido na granja de aves poedeiras.

3.1. PRIMEIRA ETAPA: *DEFINE*

Figura 25 - Primeira etapa da metodologia DMAIC



Fonte: Donato (2020)

A realização da visita técnica na granja possibilitou o mapeamento de todo o processo produtivo e o entendimento dos principais pontos de melhoria. A partir disso, uma lista de potenciais projetos viáveis – que atendessem os requisitos de baixo custo e rápida implementação – foi elaborada a partir de um *brainstorm* realizado entre os integrantes da equipe. Os projetos elencados foram os seguintes:

- Melhoria no sistema de fracionamento de ração;
- Sistema de monitoramento automático de distribuição e quantidade de ração nos silos;
- Monitoramento da falta de água, pH, etc. nos barracões;
- Criação de sistema de baixo custo de distribuição de ração e coleta de ovos nos barracões com sistema manual;
- Sistema de verificação para controle de sacas de ração nos galpões;
- Sistema de coleta automatizado da produção diária de ovos;
- Alarme de parada do sistema de alimentação automático no galpão principal.

Dentre os projetos inicialmente sugeridos, a definição de qual seria executado foi realizada a partir da elaboração de uma Matriz de Seleção com base nos seguintes critérios: relevância na estratégia da empresa, complexidade de resolução, tempo de duração do projeto, *saving* e custo de implementação.

O projeto do sistema de coleta automatizado da produção diária de ovos, que obteve *score* final de 4,5, foi escolhido para ser desenvolvido. A imagem abaixo mostra o resultado geral da Matriz de Seleção.

Figura 26 - Matriz de seleção de projetos

Matriz de Seleção de Projetos

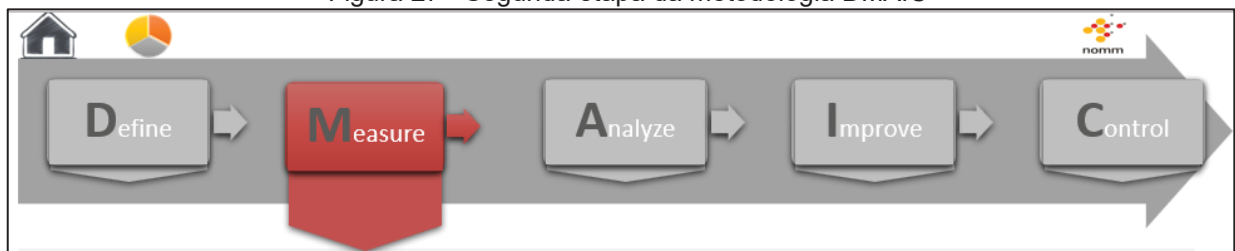


Projetos / Soluções		Régua de Decisão					Score
		Relevância na Estratégia da Empresa	Complexidade de Resolução	Tempo de Duração do Projeto	Saving	Impacto na Satisfação do Cliente	
		10%	30%	30%	10%	20%	
1	Melhoria no sistema de fracionamento de ração	3	1	3	3	1	2
2	Sistema de monitoramento automático de distribuição e quantidade de ração nos silos	1	3	3	1	1	2,2
3	Monitoramento da falta de água, pH, etc. nos barracões	3	3	3	1	3	2,8
4	Criação de sistema de baixo custo de distribuição de ração e coleta de ovos nos barracões com sistema manual	6	0	0	1	3	1,3
5	Sistema de verificação para controle de sacas de ração nos galpões	1	1	3	1	1	1,6
6	Sistema de coleta automatizado da produção diária de ovos	6	3	6	1	6	4,6
7	Alarme de parada do sistema de alimentação automático no galpão principal	1	1	1	1	6	2

Fonte: autoria própria

3.2. SEGUNDA ETAPA: *MEASURE*

Figura 27 - Segunda etapa da metodologia DMAIC



Fonte: Donato (2020)

Nessa etapa da metodologia, a metodologia 5G (*Gemba*, *Gembutsu*, *Gentijisu*, *Genri* e *Gensoku*) foi utilizada com o objetivo principal de identificar quais são os focos do problema previamente definido para, na sequência, realizar a estratificação e traçar as metas prioritárias.

De acordo com Amaral (2018), a metodologia 5G é uma ferramenta que foca em descobrir a realidade – não a inferência – através de observação pessoal direta. Cada um dos G representa uma atitude que deve ser realizada para entender o

problema detalhadamente: *Gemba* (lugar onde as coisas acontecem), *Gembutsu* (examinar o objeto – produto, máquina, ferramenta), *Genjitsu* (chechar os fatos e dados), *Genri* (análise dos princípios de funcionamento) e *Gensoku* (avaliação de normas e procedimentos) (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

A partir do conhecimento adquirido durante a visita técnica realizada na granja, elaborou-se o quadro da Figura 28. Com a análise do cenário foi possível identificar os três focos principais do problema no monitoramento da produção de ovos que são apresentados na sequência.

Figura 28 - Aplicação da ferramenta 5G

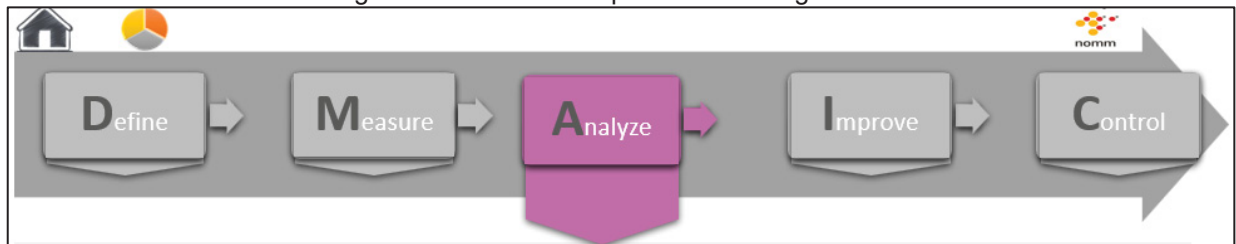
GEMBA	Visita realizada na Granja Avita (Araucária-PR) no dia 26/02/2022		
GEMBUTSU	Galpões com processos manuais de coleta e apontamentos de produção		
GENJITSU	Planilha de Excel alimentada manualmente com as quantidades produzidas em cada um dos galpões		
GENRI	Coleta de dados e alimentação dos registros pode ser realizada de maneira automatizada		
GENSOKU	Há procedimento disponível?	☐ Sim	☒ Não
	Está sendo seguido?	☐ Sim	☒ Não
	Pode ser melhorado?	☒ Sim	☐ Não

Fonte: autoria própria

- Alto desperdício de tempo no preenchimento manual de tabelas por parte dos colaboradores que executam a manutenção e coleta de ovos nos galpões;
- Elevado índice de erros identificados durante o preenchimento;
- Dificuldade de realizar análises e tomadas de decisão devido ao fluxo lento e não confiável dos dados de produção.

3.3. TERCEIRA ETAPA: ANALYZE

Figura 29 - Terceira etapa da metodologia DMAIC



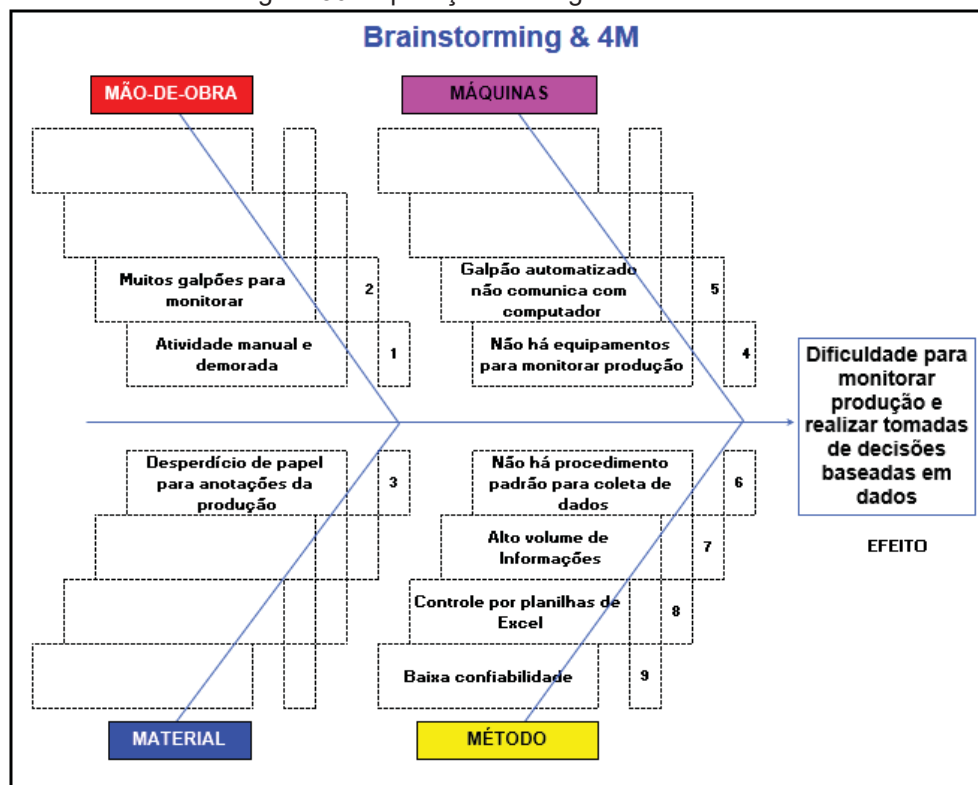
Fonte: Donato (2020)

A terceira etapa da metodologia é dedicada a entender porque, como e onde acontecem os problemas no cenário do projeto estudado.

De forma prática, utilizou-se ferramentas altamente empregadas no ramo industrial para identificar a causa raiz dos problemas.

A primeira ferramenta aplicada foi o Diagrama de Ishikawa (Figura 30), também conhecido por espinha de peixe, para analisar os diferentes aspectos envolvidos no problema, a saber: mão-de-obra, máquinas, material e método.

Figura 30 - Aplicação do diagrama de Ishikawa



Fonte: autoria própria

Na sequência, foi utilizada a ferramenta 5W+1H – *What* (O que), *When* (Quando), *Where* (Onde), *Who* (Quem), *Which* (De que forma) e *How* (Como) – para entender mais detalhadamente o problema em questão. O resultado é apresentado na figura abaixo.

Figura 31 - Aplicação da ferramenta 5W+1H

5W + 1H		
O quê? (What)	O que aconteceu? Qual foi o problema? Em que produto / máquina / material?	Tempo elevado para apontamento dos dados referentes à produção de ovos
Quando? (When)	Quando o problema aconteceu (início do turno, setup, mudança de modelo)? Em que momento da operação? Em que ponto do processo? Em que data? Em que turno?	No momento da coleta dos ovos
Onde? (Where)	Onde você viu o problema? Onde no material ou equipamento você detectou o problema?	Galpões de produção manual de ovos
Quem? (Who)	Quem afeta este problema? É um problema individual ou de várias pessoas? É afetado pela habilidade do operador? Quem faz a operação?	Operadores responsáveis pelos galpões
De que forma? (Which)	Qual forma / tendência o problema se apresenta? Acontece aleatoriamente ou em sequência?	Anotações são realizadas manualmente
Como? (How)	Qual é o estado do equipamento/processo/produto em relação a sua condição normal? Qual sua frequência?	Não há equipamento ou procedimento padrão destinados a essa atividade e o problema ocorre diariamente
REFORMULAÇÃO DO FENÔMENO: Dificuldade para monitorar produção e realizar tomadas de decisões baseadas em dados		

Fonte: Donato (2020)

A última ferramenta aplicada na etapa “*Analyze*” foi a matriz dos 5 porquês, que se apresenta como complemento às ferramentas previamente apresentadas.

Figura 32 - Aplicação da ferramenta dos 5 porquês

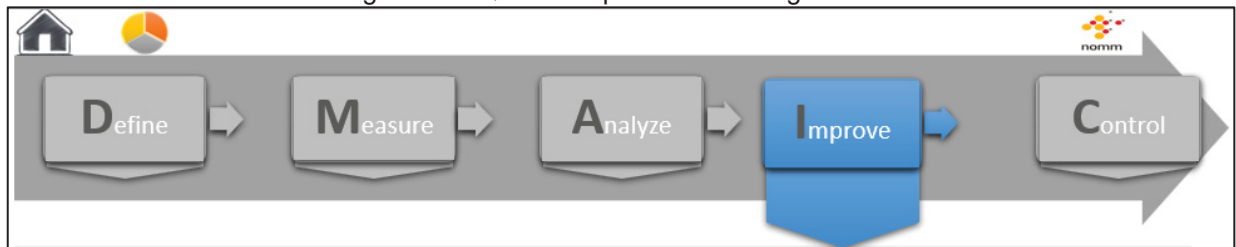
Figura 52 Aplicação da ferramenta 5 porquês

5 Porquês												
Causas	Causas potenciais									Ações		
	Porquê 1	Verific.	Porquê 2	Verific.	Porquê 3	Verific.	Porquê 4	Verific.	Porquê 5	Verific.	Ação Provis.	Ação Definitiva
Dificuldade para monitorar produção e realizar tomadas de decisões baseadas em dados	Dados não estão disponíveis em tempo real	✓	Sistema de coleta de dados não é eficiente	✓	Atividade é realizada manualmente	✓	Não há sensores dedicados a essa função	✓	Não havia sido identificada oportunidade de melhoria até então	✓	X	Desenvolver e implementar sistema automático para monitoramento da produção

Fonte: autoria própria

3.4. QUARTA ETAPA: *IMPROVE*

Figura 33 - Quarta etapa da metodologia DMAIC



Fonte: Donato (2020)

A quarta etapa da metodologia é o momento em que são discutidas e apresentadas as sugestões de soluções e melhorias para os problemas identificados.

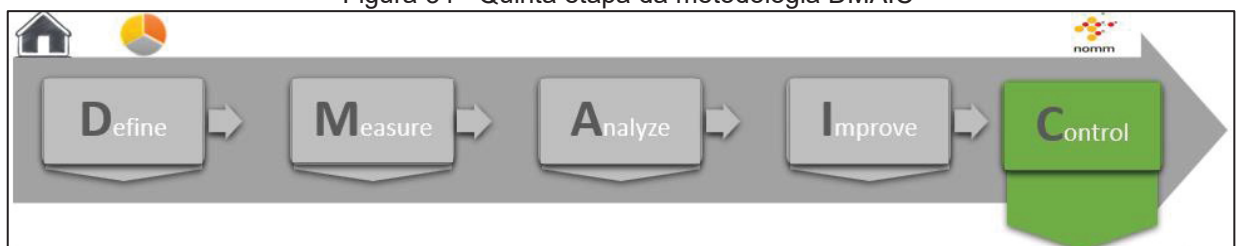
Ao analisar as informações previamente levantadas e após discussões internas na equipe de pesquisa, concluiu-se que a solução mais viável para o projeto em questão seria aplicar um sistema de monitoramento da produção de ovos que fosse simples, funcional e de baixo custo.

Dessa forma, optou-se pelo desenvolvimento de um sistema baseado em Arduino com sensores de proximidade e sensores de umidade e temperatura para coleta dos dados em tempo real e transmissão para um banco de dados. Adicionalmente, definiu-se pela criação de um *dashboard* para apresentar as informações mais relevantes de forma objetiva ao responsável pela granja.

A seção 3.6 apresentará mais detalhadamente as soluções desenvolvidas durante o desdobramento do projeto.

3.5. QUINTA ETAPA: *CONTROL*

Figura 34 - Quinta etapa da metodologia DMAIC



Fonte: Donato (2020)

A quinta e última fase da metodologia é destinada à verificação da solução proposta uma vez que tenha sido devidamente implementada.

No caso do presente estudo, essa fase não integrou o escopo do projeto por questões limitantes diversas.

O conceito do sistema de monitoramento desenvolvido foi testado com dados fictícios e diferentes simulações de cenários e, além disso, foi também apresentado aos responsáveis da granja.

A etapa “*Control*” fica com uma oportunidade de continuação do estudo, com a aplicação *in loco* da solução nos galpões de produção de ovos. O sistema de monitoramento pode futuramente coletar dados reais do ambiente para facilitar o controle da produção e auxiliar na tomada de decisões com informações mais confiáveis.

3.6. PROJETO DE DETALHAMENTO

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento da produção de ovos utilizou-se a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Mega2560 *WiFi* R3, apresentado na Figura 35. Trata-se de uma versão personalizada do Arduino Mega que vem com um *chip* ESP8266 responsável por proporcionar o recurso de conexão *WiFi* à placa. Essa versão possui a mesma pinagem e apresenta algumas melhorias em relação ao modelo Mega.

A placa possui DIP-switch que conecta os dois chips de diferentes modos e, com isso, possibilita carregar *firmware* via USB para tanto para o ATmega2560 quanto para o ESP8266.

Figura 35 - Arduino Mega2560 WiFi R3



Fonte: Robocore (2022)

Quadro 1 - Especificações técnicas do Arduino Mega2560

Modelo:	ATmega2560
Alimentação:	5V (500mA máx.)
Conversor USB-TTL:	ESP8266
Wi-Fi IC:	802.11 b/g/n 2.4 GHz
Frequência de clock:	16MHz
Pinos digitais:	54
Pinos analógicos:	16
Tamanho da memória:	256kb
Tipo/tamanho de RAM de dados:	8Kb
Tipo/tamanho de ROM de dados:	4Kb
Tipo de interface:	Serial/OTA
Temperatura de operação:	-40 ~ +125 °C
Dimensões:	53.361 × 101.86 mm
Peso:	45g

Fonte: Robocore (2022)

Como solução para a contagem dos ovos produzidos, utilizou-se o sensor de proximidade infravermelho E18-D80NK, apresentado na Figura 36. Ideal para aplicação nos mais diversos tipos de projetos e por ser um produto que oferece informações confiáveis, esse modelo de sensor é o que há de melhor disponível no mercado para montagem de projetos que envolvam identificação de obstáculos, por exemplo.

O sensor E18-D80NK é um módulo eletrônico profissional, ideal para aplicação em projetos robóticos ou de automação residencial pois consegue detectar objetos com

precisão, sendo bastante utilizado em robôs que detectam obstáculos ou em esteiras para contagem de produtos.

Com uma lógica bastante simples, o sensor é composto por um transmissor e um receptor infravermelho responsável por perceber a presença de determinado objeto.

Possui corpo em formato cilíndrico que pode ser encaixado facilmente em protótipos por meio de perfuração, além de possuir 2 anéis para fixação (um na parte interna e outro na parte externa do protótipo). A conexão é realizada através de 3 pinos, e pode vir com dois padrões diferentes de conexão.

Quanto aos níveis de sinal, o sensor apresenta duas opções: baixo (0,3 a 1,5V) e o alto (2,3 a 5V). A distância de detecção varia entre 3 e 80cm e o ajuste é realizado por meio de um potenciômetro localizado na parte inferior do sensor.

Figura 36 - Sensor de proximidade infravermelho E18-D80NK



Fonte: Robocore (2022)

Quadro 2 - Especificações técnicas do sensor de proximidade infravermelho E18-D80NK

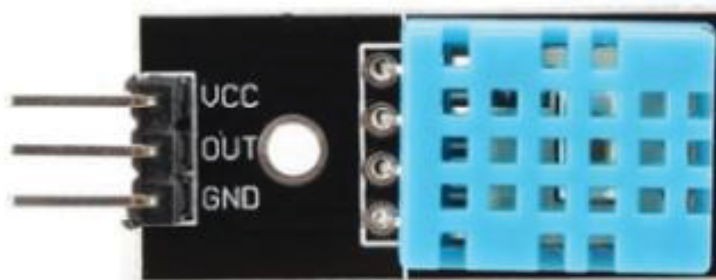
Modelo:	E18-D80NK
Alimentação:	5V
Consumo de corrente DC:	<25mA
Tempo de resposta:	<2ms
Ângulo de detecção:	15°
Distância de detecção:	3 à 80cm
Temperatura de trabalho:	-25 ~ +55 °C
Comprimento do fio:	27cm
Dimensões (Cx D (diâmetro)):	48,4x17,8mm
Diâmetro dos anéis de fixação:	23,3mm
Peso:	11g

Fonte: Robocore (2022)

Além do sensor de proximidade infravermelho, foi também integrado ao sistema desenvolvido um módulo sensor de umidade e temperatura DHT11, apresentado na Figura 37. Trata-se de uma placa desenvolvida para facilitar a conexão do sensor DHT11 com microcontroladores ou plataformas de prototipagem, como Arduino e Raspberry Pi. Utilizado para medir a temperatura nas escalas de 0 a 50°C e a umidade do ar nas faixas de 20 a 90%.

O DHT11 possui saída de sinal digital que garante alta confiabilidade e estabilidade a longo prazo. O elemento sensor de temperatura é um termistor do tipo NTC e o sensor de umidade é do tipo HR202. O circuito interno faz a leitura dos sensores e se comunica com um microcontrolador de *bits* de alta performance, que oferece excelente qualidade, baixo tempo de resposta e ótimo custo-benefício.

Figura 37 - Módulo sensor de umidade e temperatura DHT11



Fonte: Robocore (2022)

Quadro 3 - Especificações técnicas do módulo sensor de umidade e temperatura DHT11

Modelo:	DHT11
Alimentação:	5V
Consumo de corrente DC:	<25mA
Tempo de resposta:	<2ms
Faixa de corrente:	0,5 ~ 2,5 mA
Faixa de operação de umidade:	20 ~ 90%;
Faixa de operação da temperatura:	0 ~ 50 °C
Peso:	5g

Fonte: Robocore (2022)

4. RESULTADOS

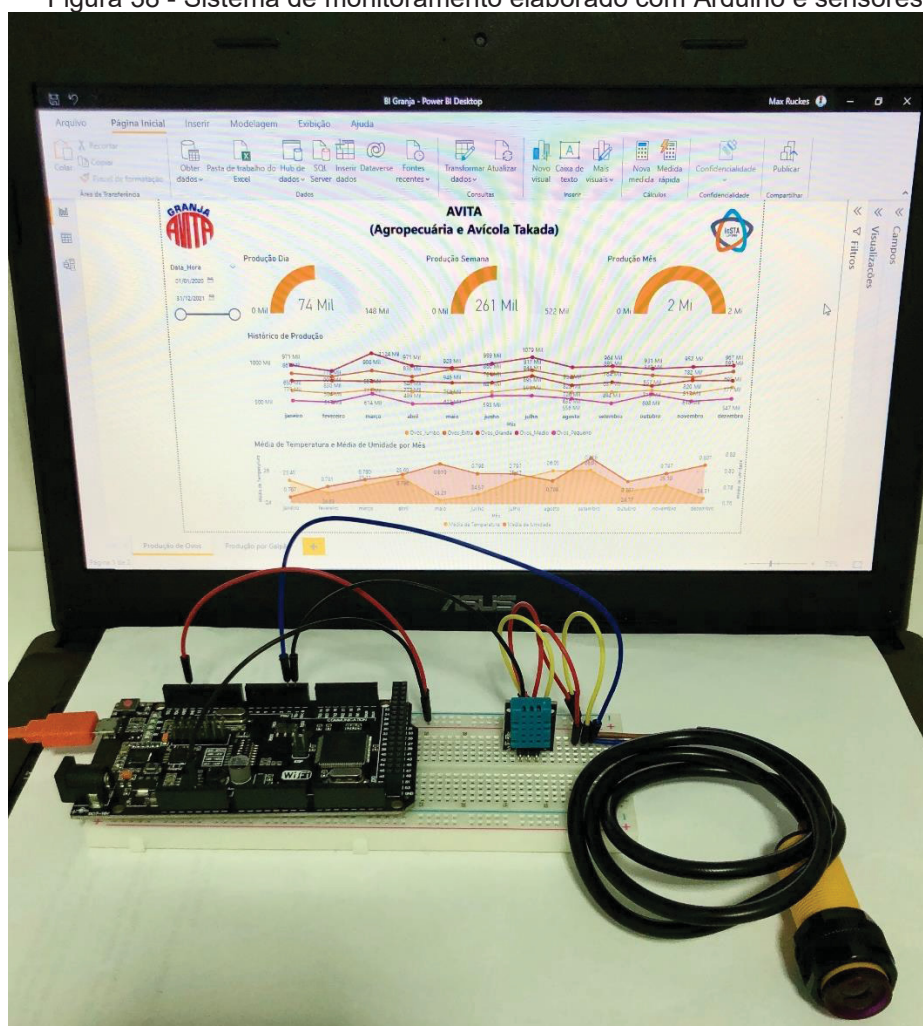
Esse capítulo é dedicado à apresentação dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto.

4.1. SISTEMA DE MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO DE OVOS

Os diferentes sensores selecionados para o sistema de monitoramento – apresentados na seção anterior – foram devidamente conectados ao microcontrolador. A partir da análise e interpretação dos *datasheets* de cada componente, realizou-se as configurações necessárias para a leitura dos dados coletados. Para essa finalidade, utilizou-se um tipo de linguagem de programação C modificada, capaz de transformar os valores digitais ou analógicos dos sensores em dados físicos.

A Figura 38 apresenta uma foto do protótipo do sistema de monitoramento desenvolvido com Arduino e sensores.

Figura 38 - Sistema de monitoramento elaborado com Arduino e sensores



Fonte: autoria própria

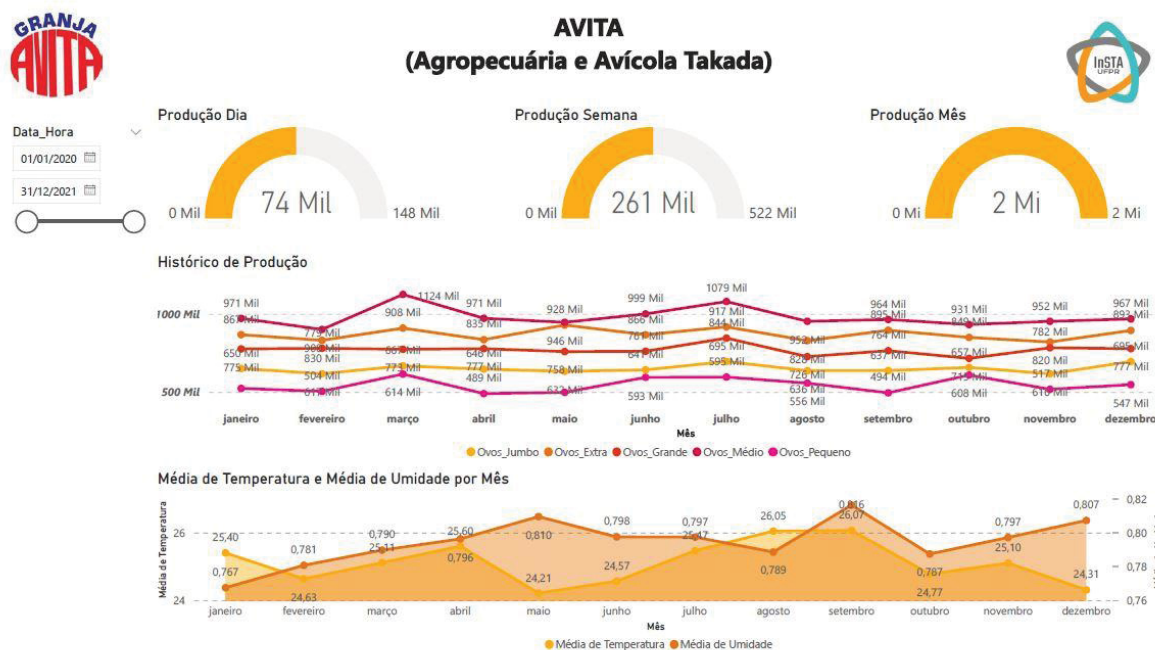
O protótipo do sistema foi testado e validado, e está pronto para ser implementado *in loco* para coletar os dados reais de produção da granja. Com isso, será possível gerar uma faixa real estimada da produção de ovos por ave, além de permitir a correlação entre produção e condições climáticas dos galpões.

4.2. BUSINESS INTELLIGENCE DA GRANJA AVITA

Além do sistema de coleta e transmissão de dados, também foi desenvolvido um *dashboard* para acompanhamento da produção diária de ovos nos diferentes galpões, com informações adicionais de temperatura e umidade dos ambientes. O *dashboard* possibilita ainda consultar dados históricos e aplicar filtros para melhor análise dos dados disponíveis.

A Figura 39 apresenta o *dashboard* desenvolvido, inicialmente com dados fictícios utilizados apenas para validação do conceito. Agora o banco de dados já pode ser alimentado com informações reais da produção coletadas através do sistema desenvolvido.

Figura 39 - *Dashboard*: produção de ovos, temperatura e umidade



Fonte: autoria própria

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho, a partir da visita técnica à Granja Avita juntamente com o acompanhamento presencial direcionado do Prof. Dr. Egon W. Wildauer, possibilitou explorar e aplicar diversos conceitos abordados ao longo das disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial 4.0 da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Em especial, destaca-se: Internet Industrial das Coisas - IIoT, *Lean Six Sigma* e Tecnologias 4.0, Agricultura de Precisão - Agro 4.0, *Big Data* e *Data Analytics*, Robôs Colaborativos & Sensores.

Embora a solução desenvolvida ainda não tenha sido implementada nas instalações da granja, os objetivos específicos definidos no começo do projeto foram atendidos.

O sistema para monitoramento da produção de ovos foi elaborado a partir da placa de prototipagem eletrônica Arduino e sensores de proximidade, temperatura e

umidade, e nos testes preliminares mostrou-se satisfatório. Além disso, o *dashboard* para acompanhamento das informações mais relevantes referentes à produção diária de ovos também foi criado e validado com base no banco de dados fictícios utilizado.

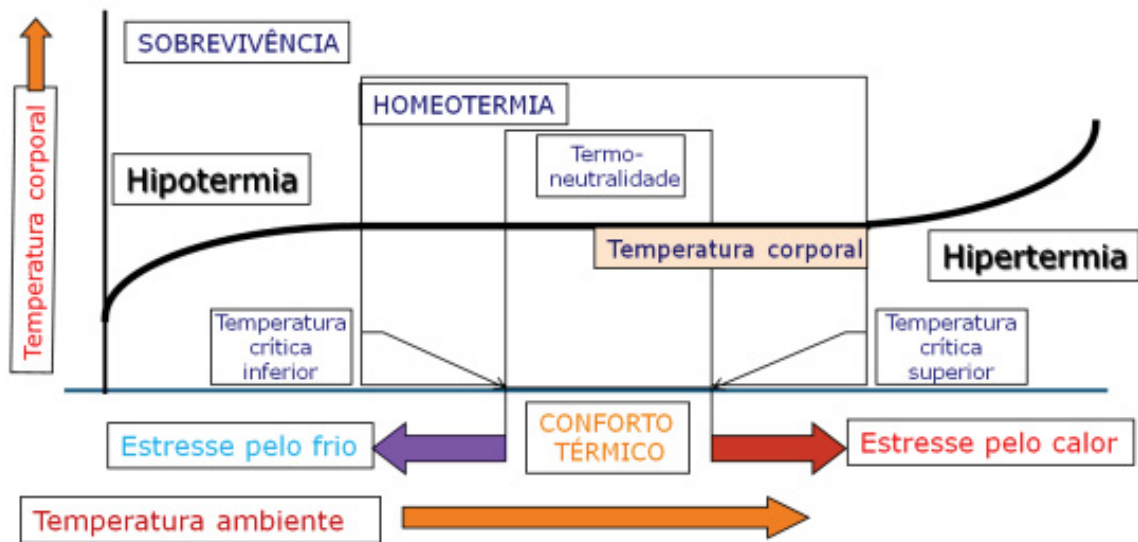
Dessa forma, pode-se concluir que é possível desenvolver soluções simples e com custo acessível capazes de resolver problemas complexos de gerenciamento de produção no âmbito do agronegócio. Essa área de atuação apresenta vastas oportunidades de pesquisas e os ganhos potenciais são bastante expressivos.

5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do trabalho surgiram alguns questionamentos que não puderam ser explorados devido à limitação do escopo. Acredita-se que esses assuntos representam boas oportunidades para continuidade dos estudos. As sugestões são listadas na sequência:

- **Sistema automático de controle de temperatura e umidade interna dos galpões:** a produção de ovos está diretamente relacionada à temperatura e umidade do local. Com informações adquiridas na literatura e pelo monitoramento da produção diária, pode-se estabelecer de forma prática a melhor zona de temperatura e umidade para obter a máxima produção de ovos. A partir disso, é possível criar um sistema automático de acionamento de ventiladores para diminuir a temperatura e um sistema de dispersão controlada de água para aumentar a umidade do ambiente. Paralelamente ao sistema de ventilação pode-se adicionar um sistema simples de fechamento de lonas nas laterais para evitar hipotermia em baixas temperaturas.

Figura 40 - Curva de conforto térmico



Fonte: Ehrlemark; Salvik (1996); Junior; João - UFERSA (2014)

- **Sistema automático para produção de ração:** a produção de ovos também está diretamente relacionada à qualidade da ração das aves. Na granja, os ingredientes utilizados na fabricação da ração são pesados manualmente e adicionados manualmente no local de preparação. Propõe-se a criação de um sistema inteligente de dosagem e mistura da ração para eliminar desperdícios decorrentes de quantidades erradas de ingredientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, Sumera et al. Modeling of Business Intelligence Systems Using the Potential Determinants and Theories with the Lens of Individual, Technological, Organizational, and Environmental Contexts-A Systematic Literature Review. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 3208, 4 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app10093208>.

AHMAD, Sumera et al. Towards Sustainable Textile and Apparel Industry: exploring the role of business intelligence systems in the era of industry 4.0. **Sustainability**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 2632, 26 mar. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12072632>.

AIN, Noorul et al. Two decades of research on business intelligence system adoption, utilization and success – A systematic literature review. **Decision Support Systems**, [S.L.], v. 125, p. 113113, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2019.113113>.

ALWIS, Sandya de et al. A survey on smart farming data, applications and techniques. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 138, p. 103624, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2022.103624>.

AMARAL, Júlye do. **GEMBA y el Círculo de Ohno**. 2018. Disponível em: <https://www.agpr5.com/gemba-y-el-circulo-de-ohno-2/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BAYIH, Amsale Zelalem et al. Utilization of Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Sustainable Smallholder Agriculture. **Sensors**, [S.L.], v. 22, n. 9, p. 3273, 24 abr. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s22093273>.

BRUGNARI, A.; MAESTRELLI, L. H. M., AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL via WEB. 2010, 36f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Graduação em Engenharia de Computação – PUC-PR, Curitiba, 2010.

CLERCQ, Matthieu de et al. Agriculture 4.0: the future of farming technology. **World Government Summit**, N.A., v., n., p. 1-30, fev. 2018.

DILLINGER, Fabian et al. Industry 4.0 implementation sequence for manufacturing companies. **Production Engineering**, [S.L.], 24 fev. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11740-022-01110-5>.

DJERDJOURI, Mohamed. Data and Business Intelligence Systems for Competitive Advantage: prospects, challenges, and real-world applications. **Mercados y Negocios**, [S.L.], n. 41, p. 5-18, 14 dez. 2019. Universidad de Guadalajara. <http://dx.doi.org/10.32870/myn.v0i41.7537>.

DONATO, Anderson. **Material da Disciplina Lean Six Sigma e Tecnologias 4.0**. Curitiba, 2020.

FLYNN, Keegan. **Industrial Computing I/O for Industry 4.0**. 2020. Disponível em: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/industrial-computing-io/#>. Acesso em: 03 ago. 2022.

FRANK, Alejandro Germán et al. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal Of Production Economics**, [S.L.], v. 210, p. 15-26, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>.

KHANNA, Abhishek et al. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S.L.], v. 157, p. 218-231, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>.

KLERKX, Laurens et al. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: new contributions and a future research agenda. **Njas: Wageningen Journal of Life Sciences**, [S.L.], v. 90-91, n. 1, p. 1-16, 1 dez. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>.

ŁABĘDZKA, Joanna. Integrated Understanding of Business Intelligence in Technological Innovation Processes. **Journal Of Machine Construction And Maintenance**, Radom, v. 4, n., p. 123-130, 2018.

LEE, Chia-Yen et al. Pitfalls and protocols of data science in manufacturing practice. **Journal Of Intelligent Manufacturing**, [S.L.], v. 33, n. 5, p. 1189-1207, 23 nov. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10845-020-01711-w>.

LEZOCHE, Mario et al. Agri-food 4.0: a survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 117, p. 103187, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187>.

LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal Of Production Research**, [S.L.], v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 28 mar. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.

MAGDALENA, Ruth et al. Methods to Enhance the Utilization of Business Intelligence Dashboard by Integration of Evaluation and User Testing. 2019 3Rd **International Conference On Informatics And Computational Sciences (Icicos)**, [S.L.], v. 3, n., p. 1-6, out. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icicos48119.2019.8982481>

MARAVEAS, C. et al. Applications of IoT for optimized greenhouse environment and resources management. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S.L.], v. 198, p. 106993, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2022.106993>.

MAXIMIZA. **Do Conceito À Aplicação**: entenda o que é data analytics. Entenda O Que É Data Analytics. Disponível em: <https://www.maximizasoftware.com.br/do-conceito-a-aplicacao-entenda-o-que-e-data-analytics/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

MEINDL, Benjamin et al. The four smarts of Industry 4.0: evolution of ten years of research and future perspectives. **Technological Forecasting And Social Change**, [S.L.], v. 168, p. 120784, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120784>.

MESHRAM, Vishal et al. Machine learning in agriculture domain: a state-of-art survey. **Artificial Intelligence In The Life Sciences**, [S.L.], v. 1, p. 100010, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aillsci.2021.100010>.

NAYERNIA, Hamed et al. A systematic review of the implementation of industry 4.0 from the organisational perspective. **International Journal Of Production Research**, [S.L.], v. 60, n. 14, p. 4365-4396, 26 nov. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2021.2002964>.

NEGRO, Andres; MESIA, Ron. The Business Intelligence and Its Influence on Decision Making. **Journal Of Applied Business And Economics**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 147-157, 25 maio 2020. North American Business Press. <http://dx.doi.org/10.33423/jabe.v22i2.2807>.

ODWAŚNY, Filip et al. Concept for measuring organizational maturity supporting sustainable development goals. **Logforum**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 237-247, 30 jun. 2019. Wyzsza Szkoła Logistyki (Poznan School of Logistics). <http://dx.doi.org/10.17270/j.log.2019.321>.

QUEIROZ, Anderson Barbosa de; OLIVEIRA, Luciana Bazante de. A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas Em Uma Indústria Automobilística. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 128-140, 10 abr. 2018. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. <http://dx.doi.org/10.25286/repa.v3i2.915>.

ROMERO, Carlos Andrés Tavera et al. Business Intelligence: business evolution after industry 4.0. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 18, p. 10026, 7 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su131810026>.

SAIZ-RUBIO, Verónica et al. From Smart Farming towards Agriculture 5.0: a review on crop data management. **Agronomy**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 207, 3 fev. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10020207>.

SALKIN, Ceren et al. A Conceptual Framework for Industry 4.0. **Springer Series In Advanced Manufacturing**, [S.L.], p. 3-23, 16 set. 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1.

SIVRI, M. Sami et al. Data Analytics in Manufacturing. **Springer Series In Advanced Manufacturing**, [S.L.], v., n., p. 155-172, 16 set. 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_9.

SOUZA, David José de. Desbravando o PIC. 12. ed. S.L: Érica, 2003.

TORRES, Russell et al. Enabling firm performance through business intelligence and analytics: a dynamic capabilities perspective. **Information & Management**, [S.L.], v. 55, n. 7, p. 822-839, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2018.03.010>.

TOTVS. **Business Intelligence (BI)**: como funciona e importância. como funciona e importância. 2021. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/negocios/business-intelligence/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

TOTVS. **Internet das Coisas**: o que é, surgimento, aplicações e impactos. o que é, surgimento, aplicações e impactos. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/inovacoes/aplicacoes-da-internet-das-coisas/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

ULUSKAN, Meryem. A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox. **International Journal Of Lean Six Sigma**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 406-429, 10 out. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijlss-10-2015-0040>.

VILLA-HENRIKSEN, Andrés et al. Internet of Things in arable farming: implementation, applications, challenges and potential. **Biosystems Engineering**, [S.L.], v. 191, p. 60-84, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013>.