



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

**APLICAÇÃO DE INTERNET DAS COISAS E REALIDADE AUMENTADA EM USINA DE
BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO**

**APPLICATION OF INTERNET OF THINGS AND AUGMENTED REALITY IN IRON ORE
IMPROVEMENT PLANT**

Jean Júnio de Assis Pereira^{1, i}
José Roberto dos Santos^{2, ii}
Luyra Benini^{3, iii}
Miguel Bozer da Silva^{4, iv}

Data de submissão: (24/04/2023) Data de aprovação: (12/03/2024)

RESUMO

O uso das tecnologias no ambiente industrial vem aumentando tanto em empresas pequenas quanto nas grandes, é possível expandir o uso do IoT (Internet das Coisas) mantendo os benefícios da conectividade ampla com a ajuda da computação em nuvem. Existem diversas ferramentas disponíveis para consumidores, empresas, governos e profissionais de tecnologia para enfrentarmos os desafios de segurança da informação. O texto menciona um exemplo de como a Realidade Aumentada pode ser implementada em um processo produtivo na indústria de mineração. Este exemplo destaca a importância de investir em tecnologias emergentes e na capacitação dos colaboradores para lidar com essas novas ferramentas, assegurando que a adesão à inovação não só melhora a produtividade como também reflete uma responsabilidade compartilhada de promover ambientes de trabalho mais seguros e eficientes.⁵

Palavras-chave: automação; computação; nuvem; IoT; manutenção.

ABSTRACT

¹ Pós-graduado em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: j.junioassispereira@gmail.com

² Docente e Especialista em Segurança da Informação na faculdade Uninove. E-mail: joseroberto@sp.senai.br

³ Docente e Especialista em Gestão de Projetos Ágeis pela Universidade de Aprendizagem Nacional – SP. E-mail: luyra.benini@sp.senai.br

⁴ Docente e Mestre em Engenharia de Informação pela Universidade Federal do ABC. E-mail: miguel.bozer@sp.senai.br

The use of technologies in the industrial environment has been increasing in both small and large companies. It's possible to expand the use of IoT (Internet of Things) while maintaining the benefits of broad connectivity with the help of cloud computing. There are various tools available for consumers, businesses, governments, and technology professionals to address information security challenges. The text mentions an example of how Augmented Reality can be implemented in a production process in the mining industry. This example underscores the importance of investing in emerging technologies and training employees to handle these new tools, ensuring that the adoption of innovation not only improves productivity but also reflects a shared responsibility to foster safer and more efficient work environments.

Keywords: automation; computation; cloud; IoT; maintenance.

1 INTRODUÇÃO

A terceira revolução industrial teve seu marco histórico a partir das transformações ocorridas na indústria, que foram capazes de mudar de forma significativa o modo de produção, afetando diretamente a sociedade e a economia. Francisco Iglesias delinea que a revolução industrial se iniciou com o uso das máquinas como meio para auxiliar o homem em suas atividades produtivas, e não como substituto do trabalho humano. Desse modo, houve o início da manufatura em vez da “maquinofatura” (Iglésias, 1984).

Por outro lado, Silva (2010) argumenta que a computação em nuvem trouxe uma solução para diversos problemas de integração de sistemas que existiam no passado. Com a implementação da conectividade, também surge a possibilidade de melhorar a experiência entre o usuário final e as máquinas. O uso da realidade aumentada, em conjunto com as plataformas de IoT (Internet das Coisas), pode transformar a maneira como as equipes de manutenção e engenharia no geral lidam com problemas existentes.

1.1 Problema de pesquisa

À medida que o perfil dos trabalhadores se transforma, também observaremos uma evolução no panorama de oportunidades de emprego. Um estudo conduzido pelo Boston Consulting Group (BCG) apontou que, com a implementação da robótica e a digitalização dos processos de produção, cerca de 610.000 vagas de emprego serão eliminadas. Entretanto, emergirá um aumento na necessidade de criação de cerca de 960.000 novas vagas altamente especializadas em Tecnologia da Informação (TI), resultando em um acréscimo líquido de 350.000 novos empregos até 2025 (BCG, 2015).

Dentro dessa perspectiva, é vital discutir o papel da computação em nuvem e a importância de estar atento aos progressos tecnológicos que marcam a quarta revolução industrial. Segundo Carr (2008), o propósito fundamental da computação em nuvem é fazer com que a gestão dos recursos computacionais seja realizada por corporações especializadas, cabendo apenas a especialistas a tarefa de gerenciamento e manutenção desses recursos, os quais devem estar disponíveis conforme a demanda.

Esse modelo não apenas propõe uma maior eficiência e redução de custos para as empresas, mas também estimula a criação de novas oportunidades profissionais em diversas áreas, incentivando a capacitação e adaptação das forças de trabalho às novas realidades tecnológicas.

Na mineração onde sempre tivemos ambientes muito conservadores já estão acontecendo movimentos para que novos investimentos sejam feitos principalmente na área de manutenção, uma vez, que paradas inesperadas em equipamentos e processos de produção podem provocar prejuízos milionários.

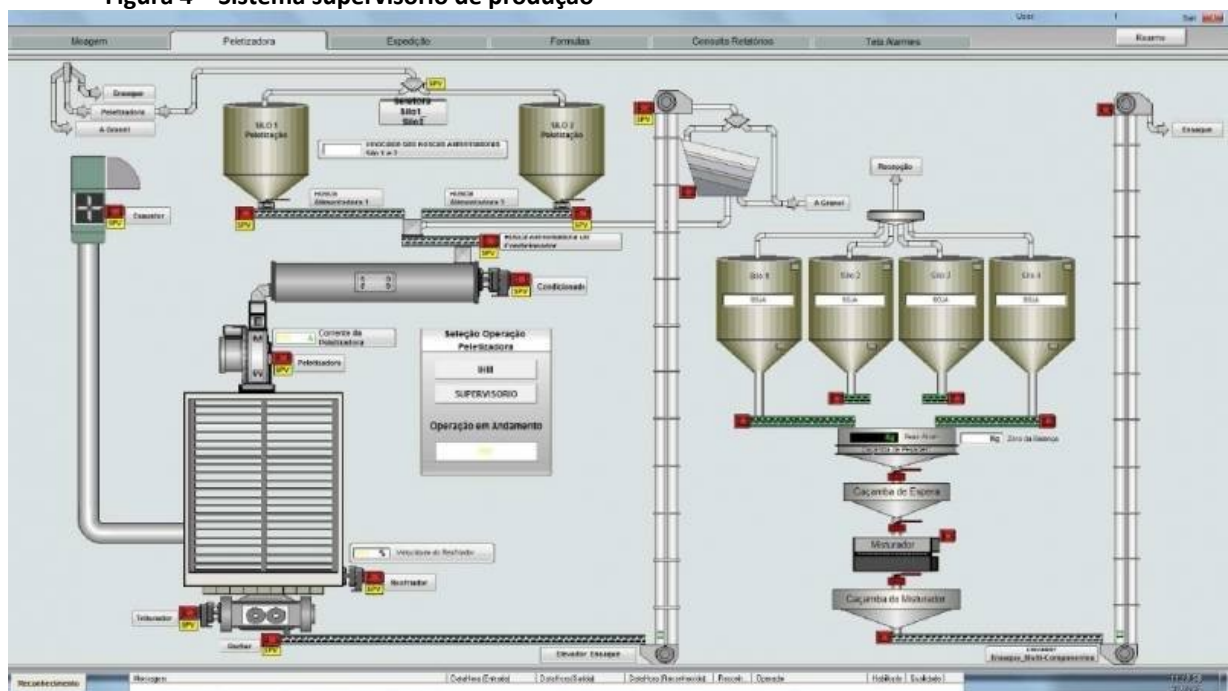
A possibilidade de usar a computação em nuvem em conjunto com a realidade aumentada pode mudar a maneira como são feitas as manutenções em máquinas nos dias de hoje.

1.2 Aquisição dos dados

A aquisição de dados durante a terceira revolução industrial foi feita através de softwares locais os chamados Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). O SCADA é um sistema que usa um *software* para monitorar, supervisionar e controlar as variáveis e os dispositivos de campo (Hi Tecnologia, 2023).

Os sistemas SCADA servem para dar comando nas variáveis de processo e tem a função de coletar os dados que são gerados nos processos produtivos.

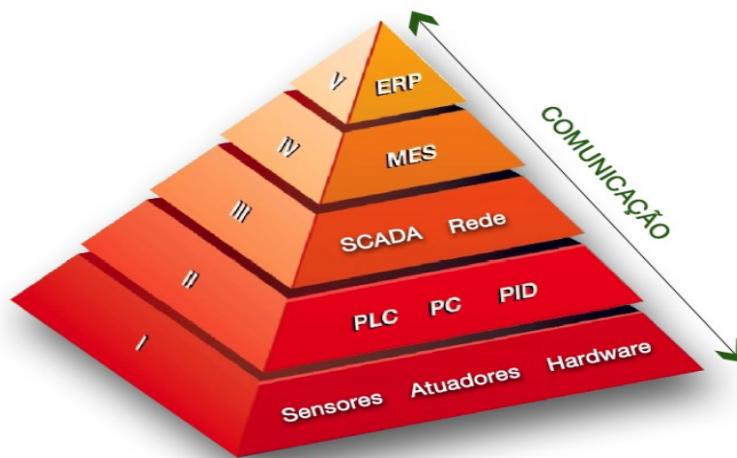
Figura 4 – Sistema supervisor de produção



Fonte: Cotanet (2018)

Os dados gerados percorrem um caminho que se assemelha à estrutura de uma pirâmide, conhecida como a pirâmide da automação. Essa representação ilustra o trajeto da comunicação de dados desde a sua origem até o seu ponto mais alto, que corresponde ao nível gerencial das indústrias. Esse modelo destaca como as informações são coletadas, processadas e, por fim, utilizadas para tomar decisões estratégicas nas organizações.

Figura 5 – Pirâmide da automação



Fonte: Logique Sistemas (2023)

Em um modelo de arquitetura convencional as informações seguem de o fluxo mostrado na figura 5.

A compreensão dessa estrutura é fundamental para reconhecer a importância da hierarquia e do fluxo eficiente dos dados dentro das empresas, enfatizando o papel vital da tecnologia na otimização desse processo para alcançar a excelência operacional e a tomada de decisão informada no ambiente corporativo.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é demonstrar uma prova de conceito POC que vem sendo realizada em uma indústria de mineração utilizando realidade aumentada no processo produtivo de beneficiamento de minério de ferro.

Neste caso a arquitetura será projetada para integrar um provedor de computação em nuvem nos servidores de aquisição de dados conforme demonstrado no decorrer deste artigo. Esse modelo se faz necessário uma vez que a maioria dos dispositivos não foram fabricados para se comunicarem diretamente com serviços remotos.

O projeto tem como principal objetivo melhorar os seguintes itens abaixo:

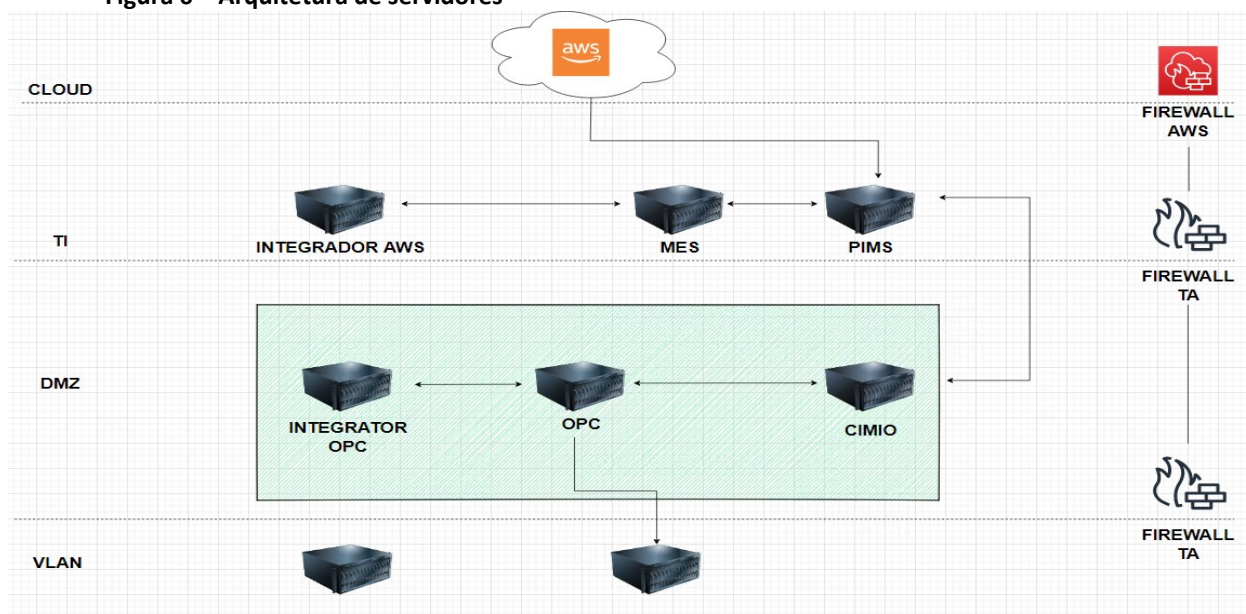
- Dificuldade de comunicação entre a salas de automação e os técnicos de campo nas áreas operacionais;
- Falta de informação técnica atualizada para os colaboradores em campo;
- Falta de visualização das informações do processo em tempo real para equipes de campo;
- Democratizar o uso das informações e facilitar a tomada de decisão em situações adversas;

1.4 Justificativa

Prosseguiremos abordando a significativa relevância da computação em nuvem para as plataformas de IoT (Internet Industrial das Coisas). Exploraremos também de que maneira a coleta de dados pode ser implementada para potencializar a produtividade e a otimização dos processos.

Na figura 6 nós temos um esquema de uma arquitetura de aquisição dos dados desde o primeiro nível da pirâmide até os níveis gerenciais e consequentemente o envio das informações para uma plataforma em nuvem.

Figura 6 – Arquitetura de servidores



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

A computação em nuvem oferece às plataformas de IoT uma infraestrutura poderosa, flexível e escalável, essencial para gerenciar o grande volume de dados gerados por dispositivos conectados. Graças a isso, as empresas podem se beneficiar de análises avançadas, processamento de dados em tempo real e armazenamento econômico, o que é crucial para a tomada de decisões mais informadas e para o avanço de soluções automatizadas.

Por meio da integração efetiva entre a plataforma de IoT e a computação em nuvem, é possível desenvolver uma cadeia de valor mais inteligente e responder rapidamente às mudanças do mercado. Por exemplo, no setor de manufatura, sensores IoT podem monitorar continuamente as condições de máquinas e equipamentos.

2 METODOLOGIA

Exploraremos em detalhe como a Amazon Web Services (AWS), pode ser empregada para aprimorar a digitalização e a eficiência das operações em uma usina de beneficiamento de minério. Este estudo prático destaca não apenas a integração avançada de dispositivos de campo essenciais para o monitoramento e controle precisos dos processos produtivos, mas

também avalia a implementação de tecnologias disruptivas, como software de realidade aumentada, para melhorar a produtividade e a segurança no trabalho.

Por meio da AWS, abordaremos serviços robustos como o AWS IoT Core, que permite a conexão segura de milhões de dispositivos ligados ao IoT na nuvem. Esse serviço simplifica a coleta, o armazenamento e a análise de dados em tempo real, facilitando a tomada de decisão baseada em informações precisas diretamente do campo.

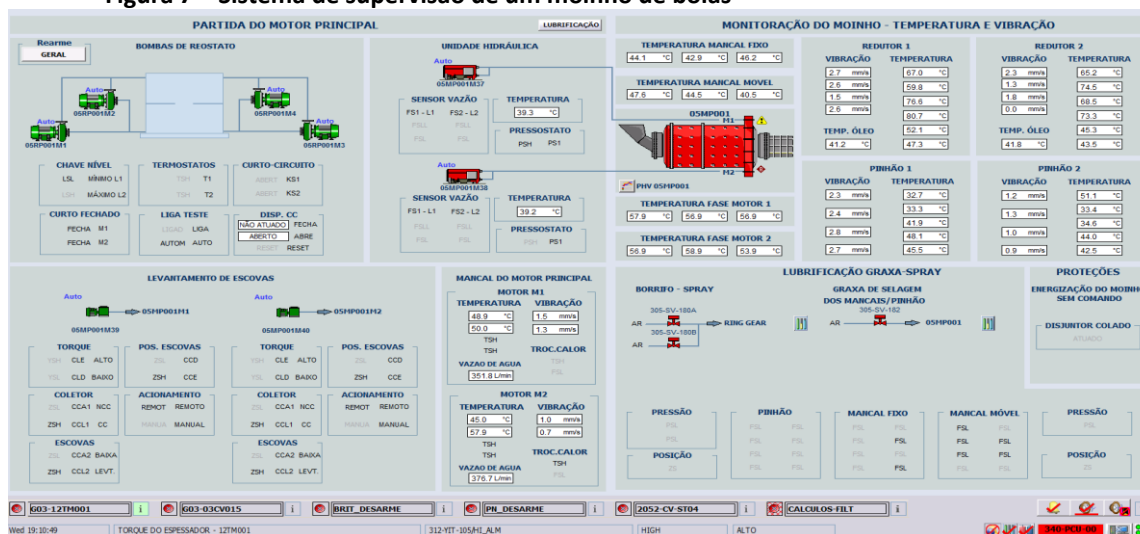
2.2 Aplicação Internet das Coisas IoT

ITU (2005) afirma que os dispositivos e equipamentos como sensores, transmissores e receptores possibilitam novas formas de comunicação entre pessoas e máquinas e entre as próprias máquinas. Essa comunicação é conhecida como Internet das Coisas (IoT), que abrange todas as formas de conexão e informação compartilhada entre os dispositivos interconectados.

No estudo aplicado, exploramos a implementação inovadora dos serviços de Internet das Coisas (IoT) para aprimorar o monitoramento das variáveis críticas em um moinho de bolas utilizado no processo de beneficiamento de minério de ferro. Este tipo de moinho desempenha um papel central nas operações de uma usina de processamento de minérios, processando o material bruto para atingir a granulação necessária para as etapas subsequentes de purificação e uso. Dada a importância estratégica deste equipamento, ele opera sob condições extremamente exigentes, mantendo-se ativo 24 horas por dia, e frequentemente por meses a fio, sem pausas.

A operação contínua e eficiente do moinho de bolas depende de uma atenta supervisão e manutenção de seus componentes críticos. Sistemas elétricos, instrumentos de medição e sistemas de lubrificação confiáveis são fundamentais para o desempenho ideal deste equipamento. Conforme mostrado na figura 7 estes sistemas geram uma quantidade substancial de dados que, quando meticulosamente coletados e analisados, podem fornecer informações valiosas sobre a condição operacional do equipamento, bem como identificar precocemente possíveis problemas que possam levar a paradas não planejadas, afetando a produtividade e os custos operacionais.

Figura 7 – Sistema de supervisão de um moinho de bolas



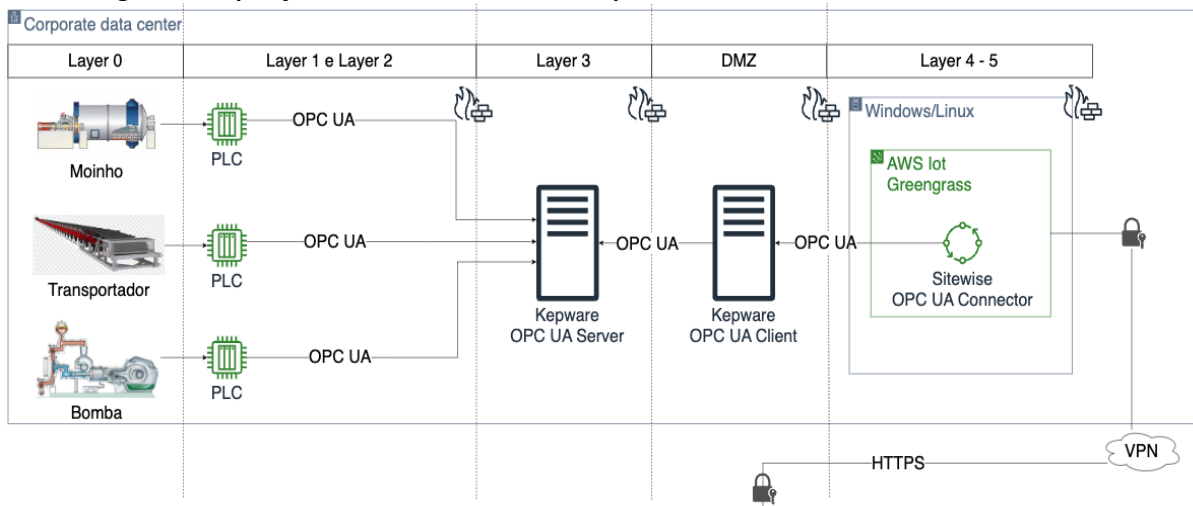
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

2.3 Computação em nuvem para aplicações industriais

No contexto industrial, a coleta e a análise de grandes volumes de dados se tornaram componentes críticos na otimização da produção, manutenção preditiva e na garantia da qualidade dos produtos. A AWS recebe os dados vindos de servidores OPC que estão nas fábricas, uma funcionalidade particularmente relevante para ambientes industriais onde equipamentos e sensores já existentes operam sob este protocolo padrão. Dessa forma, as empresas podem começar a aproveitar as vantagens do IoT sem a necessidade de substituir ou realizar alterações significativas em seus sistemas atuais.

Além disso, a capacidade de coletar dados diretamente para a nuvem através de redes móveis abre um leque de oportunidades para monitoramento e controle remotos em tempo real, inclusive em locais remotos ou de difícil acesso. Isso se traduz em uma melhora significativa na capacidade de resposta às condições adversas ou em mudança, otimizando processos e reduzindo tempo de inatividade.

Figura 8 – Aquisição de dados no ambiente *on-premise*



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

No ambiente da fábrica teremos a instalação do AWS IoT *Greengrass* que tem como objetivo integrar a base dados de uma maneira em será feito um pré-tratamento das informações e criar um *cache* temporário para que a transferência das informações seja feita de maneira linear caso seja perdida a conexão com à nuvem.

Após a aquisição dos dados pelo *Greengrass* os dados serão enviados de maneira ordenada para os serviços de computação em nuvem que estão disponíveis conforme a figura 9.

The diagram illustrates the AWS Cloud architecture for an Industrial Data Lake. It shows the flow of data from external sources (AOA, IIoT) and a VPN through various AWS services to an Industrial Data Lake. The lake contains raw data (S3 Dados Brutos), processed data (S3 Dados Proc.), and a data warehouse (Glue, QuickSight). A VPC contains an EC2 instance with AR content. Security services like IAM, SNS, CloudWatch, CloudTrail, and KMS are also shown.

```

graph LR
    subgraph External
        AOA[AOA]
        IIoT[IIoT]
        VPN[VPN]
    end

    subgraph AWS_Cloud [AWS Cloud]
        subgraph IoT_Services
            IoT_Core[IoT Core]
            IoT_Rule[IoT Rule]
            IoT_Sitewise[IoT Sitewise]
        end

        subgraph Industrial_Data_Lake [INDUSTRIAL DATA LAKE]
            S3_Brutos[S3 DADOS BRUTOS]
            S3_Proc[S3 DADOS PROC.]
            Glue[Glue]
            Glacier[Glacier]
            Athena[Athena]
            QuickSight[QuickSight]
        end

        subgraph VPC
            EC2[EC2 instance contents  
Realidade Aumentada]
        end

        subgraph Security
            IAM[IAM]
            SNS[SNS]
            CloudWatch[Cloudwatch]
            CloudTrail[CloudTrail]
            KMS[KMS]
        end
    end

    AOA -- HTTPS --> EC2
    IIoT -- HTTPS --> EC2
    VPN -- HTTPS --> IoT_Core
    IoT_Core -- MQTT --> IoT_Sitewise
    IoT_Core --> S3_Brutos
    IoT_Rule -- HTTPS --> S3_Brutos
    S3_Brutos --> Glacier
    S3_Brutos --> S3_Proc
    S3_Proc --> Athena
    Athena --> QuickSight
    EC2 --> QuickSight
  
```

Segundo a *Amazon Web Services*, (2022) um *data lake* é um repositório centralizado que permite armazenar todos os seus dados estruturados e não estruturados em qualquer escala. Neste caso poderemos armazenar as informações como elas estão, sem a necessidade de estruturá-las podendo executar diferentes tipos de análises, desde painéis de visualizações até o processamento, análise em tempo real e *machine learning*.

No canto direito da imagem nós temos ferramentas destinadas a segurança na nuvem que são elas o IAM para controle de usuários, SNS para notificações de eventos, *CloudWatch* para monitoramento dos serviços, *CloudTrail* para registro de ações dos usuários e o KMS para gerenciamento de senhas.

Figura 9 – Painel de resumo *QuickSight*



Fonte: Amazon Web Services (2022)

O resumo das informações possibilita uma visualização macro de todo o processo produtivo o que facilita na tomada de decisões para o negócio.

Dessa forma, ter um panorama detalhado e consolidado das operações de um empreendimento permite aos gestores identificar gargalos, otimizar recursos e planejar estratégias com maior precisão. A utilidade do resumo de informações não se limita apenas à alta administração; ele também é uma ferramenta valiosa para equipes operacionais, financeiras, de marketing e de vendas, proporcionando uma base comum de compreensão para a colaboração eficaz e o alinhamento dos objetivos empresariais.

No contexto de um processo produtivo, por exemplo, o mapeamento e a análise dos dados podem revelar padrões de desperdício de matéria-prima, ineficiências no uso de equipamentos ou falhas na logística de distribuição. Estes painéis são fundamentais para implementar melhorias, adotar práticas de manufatura enxuta, ou até mesmo reestruturar a linha de produção visando maior economia e ganhos em produtividade.

2.4 Realidade aumentada

Após a consolidação dos dados dentro do *Data Lake* industrial será utilizada a aplicação de realidade aumentada que trará informações relevantes para facilitar o entendimento de determinados equipamentos ou falha em falha.

De acordo com Chatzopoulos et. al. (2017), a realidade aumentada é uma área que traz uma interação entre o mundo virtual e o mundo real. Este avanço tecnológico, propicia a viabilização do mundo virtual. A realidade aumentada móvel consiste em complementar o ambiente real com informações virtuais, gerando um ambiente misto. Para que isso ocorra, é necessário a utilização de algum dispositivo tecnológico que permita a visualização e a mobilidade do usuário em tempo real.

Neste mesmo cenário a aplicação da realidade aumentada na mineração tem como objetivo trazer uma interação maior entre os técnicos de manutenção e os dados do processo produtivo em tempo real com a utilização de *Tablets*, *Smartphones* ou óculos eletrônicos.

O *EcoStruxure Augmented Operator Advisor* disponibiliza informações em tempo real na palma das mãos, quando e onde forem necessárias. A aplicação personalizada aprimora a eficiência operacional com a realidade aumentada - permitindo que os operadores sobreponham os dados atuais e os objetos virtuais em painéis, máquinas ou processos (Schneider Electric, 2022).

O principal objetivo do uso dessa ferramenta é ter a possibilidade de abrir painéis elétricos virtualmente, encontrar informações com maior velocidade e acesso imediato, disponibilização de documentação atualizada e redução do risco de acidentes.

O acesso rápido e imediato a informações precisas é uma vantagem incontestável dessa tecnologia. Em um cenário tradicional, técnicos e engenheiros podem gastar tempo significativo buscando esquemas elétricos e documentações técnicas em manuais ou sistemas desatualizados. Com a adoção dessa ferramenta, eles poderão obter todas as informações necessárias em tempo real, diretamente em dispositivos móveis ou através de óculos de realidade aumentada, o que inclui desde diagramas detalhados e instruções de operação até históricos de manutenção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 11, apresenta-se uma ilustração prática do uso de realidade aumentada, evidenciando como essa tecnologia pode ser aplicada em contextos diversos. Essa demonstração visual oferece uma compreensão clara de como elementos virtuais podem ser sobrepostos ao mundo real, ampliando as possibilidades de interação e fornecendo informações adicionais que melhoram a percepção e a experiência do usuário no ambiente em que está inserido.

Durante o período de pesquisa sobre o tema a equipe de projeto esteve presente numa planta da Schneider onde essa aplicação já estava validada. Essa visita teve como principal objetivo certificar o uso da ferramenta e verificar a veracidade da aplicação.

A complementação do projeto utilizando ferramentas da AWS visa trazer um maior valor agregado ao projeto com objetivo de facilitar a tomada de decisão por parte da equipe.

Figura 11 – Aplicação de realidade aumentada na indústria

MONITORAMENTO EM TEMPO REAL



Fonte: Schneider Electric (2022).

4 CONCLUSÃO

Após a implantação da prova de conceito esperamos consolidar os dados técnicos numa plataforma integrada de Internet das Coisas (IoT), facilitando o acesso universal às informações por todas as divisões estabelecidas pela organização. Tal integração permitirá que as plataformas, tanto de IoT quanto de realidade aumentada, sejam acessíveis em dispositivos móveis como tablets e smartphones. Isso proporcionará às equipes de manutenção a capacidade de acessar dados e informações cruciais em tempo real, melhorando a eficiência e a eficácia dos processos de manutenção.

O foco da aplicação se baseia nos itens abaixo:

- Empoderamento do profissional de campo através da disposição dos dados de processo em tempo real facilitando a tomada de decisões;
- Redução de deslocamento entre áreas uma vez que será possível visualizar diagnósticos previamente e preparar materiais e ferramentas com antecedência;
- Melhor desempenho de produtividade do moinho através dos sensores virtuais os dados capturados serão utilizados para aumentar a precisão dos processos e oferecer visibilidade detalhada de todos os equipamentos que compõe um moinho de bolas;
- Resolução de problemas de maneira mais rápida e assertiva;
- Uma plataforma segura e escalável para toda a empresa uma vez que a infraestrutura em nuvem será projetada com segurança cibernética integrada;

O panorama industrial está atravessando uma transformação significativa, impulsionada pelo avanço tecnológico que redefine a abordagem tradicional ao processo de manutenção. Esta evolução traz um futuro em que os operadores serão proativamente notificados sobre potenciais falhas, permitindo-lhes agir de maneira preventiva através da

manutenção preditiva. Tal mudança não só aumenta a eficiência operacional, mas também almeja reduzir significativamente os tempos de inatividade das máquinas.

Concomitantemente, este novo paradigma destaca a importância da educação e sensibilização sobre as tecnologias emergentes, como a computação em nuvem, as quais muitas pessoas ainda não compreendem totalmente seus benefícios. Estas tecnologias são fundamentais para a realização da manutenção preditiva e para a integração de sistemas em uma escala mais ampla, caracterizando elementos cruciais da chamada quarta revolução industrial.

Essa revolução já não é mais uma previsão; é uma realidade tangível que promete trazer benefícios substanciais para a sociedade como um todo. Contudo, ela também suscita preocupações legítimas sobre a segurança e privacidade dos dados, exigindo uma atenção redobrada ao processamento e armazenamento das informações coletadas. Adaptar-se a essas mudanças implica na adoção de novas práticas de segurança cibernética para salvaguardar esses dados essenciais.

Portanto, o avanço rumo a essa nova realidade industrial, marcada por plataformas de manutenção altamente eficazes, não só visa a redução dos tempos de paralisação, mas também enfatiza a importância da previsibilidade. Este cenário representa um convite à adaptação, exigindo das empresas e dos profissionais a prontidão para abraçar as novas tecnologias e os desafios relacionados à sua implementação e gestão segura.

REFERÊNCIAS

AMAZON WEB SERVICES - AWS. **O que é um Data Lake**. 2022, Amazon Web Services. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/big-data/datalakes-and-analytics/what-is-a-data-lake/>. Acesso em: 30 set. 2022

BOSTON CONSULTING GROUP - BCG. **Man and machine in Industry 4.0**. 2015. Disponível em: <https://www.bcg.com/featured-insights/thought-leadership-ideas>. Acesso em: 09 jan. /2023.

CARR, N. **Big Switch**: rewiring the world, from Edison to Google. Norton & Company, 2008.

CHATZOPOULOS, D., BERMEJO, C., HUANG, Z., e HUI, P. Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go. **IEEE Access**, v. 5, pp. 6917– 6950, 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7912316>. Acesso em: 09 jan. 2023.

COTANET: **Sistema de Supervisão Automação**. 2018. Disponível em: <https://automacao.cotanel.com.br/sistemas-supervisorios/sistema-de-supervisao-automacao>. Acesso em: 09 jan. 2023.

HI TECNOLOGIA: **O que é um sistema SCADA?** Disponível em: <https://www.boschrexroth.com/pt/br/tendencias/industria-4-0/index>. Acesso em: 09 jan. 2023.

LOGIQUE SISTEMAS: **Pirâmide de automação industrial: o que é?** 2023. Disponível em: <https://www.boschrexroth.com/pt/br/tendencias/industria-4-0/index>. Acesso em: 13 jan. 2023.

PIXABAY: **Industrial Internet of Things**. 2022. Disponível em: https://pixabay.com/pt/images/search/loT/?manual_search=1. Acesso em: 13 jan. 2023.

SCHNEIDER ELETRIC: **EcoStruxure Augmented Operator Advisor**. 2022. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product-range/64507-ecostruxure-augmented-operator-advisor/>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SILVA, F. H. R. **Um estudo sobre os benefícios e os riscos de segurança na utilização de Cloud Computing**; 2010. 15f. Artigo científico de conclusão de curso apresentado no Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM-RJ.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION - ITU. Internet Reports 2005: The Internet of Things. Geneva, 2005. Disponível em <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>. Acesso em: 17 Set. 2022.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 22 abr. 2023.

IGLÉSIAS, Francisco. **A revolução industrial**. 5. ed. Rio de Janeiro: Brasiliense, 1984.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão inicialmente a Deus, pela oportunidade inestimável de construir uma carreira e percorrer este caminho de crescimento profissional. A minha jornada até aqui não teria sido possível sem a fé e a direção divina que me guiaram em cada passo dado.

Estendo meus sinceros agradecimentos a todos os familiares que me apoiaram incansavelmente ao longo de toda a minha trajetória. Seu apoio incondicional foi o alicerce que me sustentou nos momentos de desafio e celebração, influenciando diretamente no profissional que sou hoje.

Um reconhecimento especial merece ser dedicado ao corpo docente desta renomada instituição, que desempenhou um papel fundamental na minha formação e desenvolvimento. Agradeço em particular aos meus gestores Thiago Doellinger, Cezar Inocência e Giovanni Salierno pela confiança depositada em meu trabalho. A orientação, sabedoria e inspiração que recebi de vocês foram cruciais para minha jornada acadêmica e profissional.

Sobre os autores:

ⁱ Jean Júnio de Assis Pereira



Pós-graduado em Indústria 4.0 no SENAI São Caetano do Sul - SP (2022), graduado em Engenharia de Controle e Automação pelo Centro Universitário UNA (2017) e técnico em Automação Industrial pelo SENAI Euvaldo Lodi - MG (2013). Atuo em empresas no ramo de projetos elétricos, projeto de máquinas especiais e manutenção corretiva e preditiva. <https://orcid.org/0009-0002-5722-9925>

ⁱⁱ José Roberto dos Santos



Possui Pós-graduação na área de segurança da informação pela Uninove (2016), graduação em tecnologia da informação e bacharel em sistema da informação (2009), além de superior em Automação industrial. Tem experiência nas áreas de Segurança da Informação, Administração de Ambientes de Redes Windows e Linux, Automação Industrial. <https://orcid.org/0009-0001-0601-8469>

^{iv} Luyra Benini



Possui Graduação em Sistemas de Informação pelo Instituto de Ensino Superior Santo André;(2010), Graduação em Tecnologia em Informática pelo Instituto de Ensino Superior Santo André;(2009) e Especialização MBA em Gestão de Projetos Ágeis pela Universidade Anhembí Morumbi (2022). <https://orcid.org/0000-0002-1145-9234>

^v Miguel Bozer da Silva



Mestre em Engenharia de Informação pela Universidade Federal do ABC (2021) com graduação nas áreas de Tecnologia em Mecatrônica Industrial (2009) pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica, Bacharelado em Ciência e Tecnologia (2017) pela Universidade Federal do ABC e Engenharia de Instrumentação Automação e Robótica (2019) na Universidade Federal do ABC. <https://orcid.org/0000-0003-0793-7288>