



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Realidade Aumentada e seus Benefícios na Assistência Técnica

Vinicius Santos de Sousa Bastos

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho Efetuado sob a orientação de

Professor Rui Manuel da Silveira Araújo

Professor José Luis Henriques da Silva

Fevereiro 2025

Realidade Aumentada e seus Benefícios na Assistência Técnica

Vinicius Santos de Sousa Bastos

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho Efetuado sob a orientação de

Professor Rui Manuel da Silveira Araújo

Professor José Luis Henriques da Silva

Fevereiro 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder o dom da vida e por todas as oportunidades que me foram dadas. Sou grato aos meus pais pelo esforço contínuo em me proporcionar a chance de estudar e me formar, abrindo assim, portas para experiências profissionais distintas. Agradeço à minha esposa pelo apoio constante e à minha filha, Elisa, que me dá mais um motivo para viver. Fica também o meu agradecimento aos meus orientadores e corpo docente da ESTGV.

RESUMO

A Indústria 4.0 trouxe avanços tecnológicos significativos os quais impactaram a manutenção industrial por meio da Realidade Aumentada (RA). Este estudo investiga a implementação da RA na assistência técnica, analisando seus benefícios na otimização de processos, redução de custos e capacitação remota de técnicos, instaladores e comerciais. A pesquisa baseia-se em revisão bibliográfica e estudo de caso na empresa Zantia S.A., avaliando diferentes soluções de RA e seus impactos. Os resultados indicam que a RA melhora a eficiência operacional, mas desafios como acesso a internet em lugares com baixo sinal de rede e resistência à tecnologia ainda precisam ser superados.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, manutenção industrial, Indústria 4.0, assistência técnica.

ABSTRACT

Industry 4.0 has brought significant technological advancements, impacting industrial maintenance through Augmented Reality (AR). This study investigates the implementation of AR in technical assistance, analysing its benefits in optimising processes, reducing costs, and providing remote training for technicians, installers, and salespeople. The research is based on a literature review and a case study at Zantia S.A., evaluating different AR solutions and their impacts. The results indicate that AR enhances operational efficiency, but challenges such as internet access in areas with weak network signals and resistance to technology still need to be overcome.

Keywords: Augmented Reality, industrial maintenance, Industry 4.0, technical assistance.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos do trabalho	3
1.3 Estrutura da Dissertação	4
2 Revisão de Literatura.....	4
2.1 Manutenção - Evolução Histórica	7
2.1.2 Digitalização da Manutenção	8
2.1.3 Os paradigmas da Indústria 4.0 e Indústria 5.0 na digitalização da manutenção	10
2.1.4 Indicadores de Desempenho.....	11
2.2 Tecnologias de Realidade Estendida	12
2.2.1 Metaverso e suas potenciais aplicação à manutenção	14
2.2.2 Tecnologias de Realidade Aumentada.....	16
2.2.3 Sistemas de Realidade Aumentada na Manutenção	17
2.2.4 Benefícios e Desafios da Realidade Aumentada	19
2.2.5 Sustentabilidade & Agenda 2030	20
2.2.6 Relevância da RA na Manutenção para Sustentabilidade	22
2.3 Manutenção e Assistência Técnica no Setor Dos Equipamentos Térmicos	24
2.3.1 Manutenção em sistemas AVAC.....	24
2.3.2 Realidade Aumentada e a Assistência Técnica na Manutenção Residencial	26
2.3.3 Desafios e Futuro da Realidade Aumentada na Manutenção Residencial.....	28
2.4 Equipamentos Térmicos	28
2.4.1 Equipamentos de AVAC	29
2.4.2 Eficiência energética dos sistemas AVAC	30
3. Zantia S.A.....	31
3.1 Processo de Assistência Técnica	33
3.2 Diagnóstico Inicial.....	36
4. Materiais e Métodos	37
4.1 Soluções de RA para Manutenção Técnica	37
4.2 Assist AR: Características e Aplicações.....	40
4.3 Benefícios do TeamViewer Assist AR na Manutenção Técnica.....	40
4.4 Processo de Implementação.....	41
4.5 Desafios e Considerações na Implementação.....	43
5. Discussão de Resultados.....	43

5.2 Impacto na Eficiência Operacional.....	45
5.3 Desafios e limitações da implementação.....	45
5.4 Percepção dos colaboradores.....	46
5.5 Conclusão	46
7. Referências Bibliográficas.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FRAMEWORK CONCEPTUAL. FONTE: AUTOR	4
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.; FONTE: DEGER, A. D. L. (2021)	7
FIGURA 3 - CONTINUUM DE VIRTUALIDADE; FONTE: (VAZ, 2023)	12
FIGURA 4 - 17 METAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL; FONTE: ONU (2024)	20
FIGURA 5 - ESRS; FONTE: KPMG (2024)	22
FIGURA 6 - RECUPERADOR DE FLUXOS CRUZADOS HORIZONTAL; FONTE: ZANTIA (2023)	25
FIGURA 7 - CLASSIFICAÇÃO SISTEMAS AVAC – FLUÍDOS; FONTE: PEDRO (2002)	30
FIGURA 8 - ORGANOGRAMA; FONTE ZANTIA (2023)	32
FIGURA 9 - DIAGRAMA; FONTE: AUTOR (2025)	33
FIGURA 10 - SOLUÇÃO DE PROBLEMAS USANDO REALIDADE AUMENTADA; FONTE: TEAMVIEWER (2023)	41
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DA IMPLEMENTAÇÃO; FONTE: AUTOR (2025)	42
FIGURA 12 - GRÁFICO DO QUADRO COMPARATIVO PÓS-IMPLEMENTAÇÃO; FONTE AUTOR (2025)	44
FIGURA 13 - PROCEDIMENTO PRÉ-ASSISTÊNCIA REMOTA; FONTE AUTOR (2025)	45

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - PLATAFORMAS DE RA	16
QUADRO 2 – DESAFIOS DA REALIDADE AUMENTADA	19
QUADRO 3 – SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	29
QUADRO 4 – FLUXO DE ATENDIMENTO DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA	35
QUADRO 5 – QUADRO COMPARATIVO DE SOFTWARES	38
QUADRO 6 – RELAÇÃO 0 A 100 PARA COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS	38
QUADRO 7 – QUADRO COMPARATIVO FINAL	39

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 - QUADRO COMPARATIVO PÓS-IMPLEMENTAÇÃO	53
APÊNDICE 2 – MODELO DO QUESTIONARIO DE SATISFAÇÃO	54
APÊNDICE 3 – QUESTIONARIO DE SATISFAÇÃO DEPARTAMENTO TÉCNICO.....	56
APÊNDICE 4 – QUESTIONARIO DE SATISFAÇÃO TÉCNICO COMERCIAL.....	58
APÊNDICE 5 – QUESTIONARIO DE SATISFAÇÃO TÉCNICO COMERCIAL.....	60
APÊNDICE 6 – QUESTIONARIO DE SATISFAÇÃO RESPONDIDOS POR MENSAGEM	62
APÊNDICE 7 – QUADRO COMPARATIVO DE SOFTWARES 1.....	63
APÊNDICE 8 – QUADRO COMPARATIVO DE SOFTWARES 2.....	65
APÊNDICE 9 – QUADRO COMPARATIVO DE SOFTWARES 3.....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAR - Assist AR

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CA - Context-Awareness

CAP - Common Augmented Reality Platform

CSRD - Corporate Sustainability Reporting Directive

ESG - Environmental, Social and Governance

ESRS - European Sustainability Reporting Standards

GAO - Government Accountability Office

HVAC - Heating, Ventilation and Air Conditioning

IA - Inteligência Artificial

IPV - Instituto Politécnico de Viseu

IoT - Internet das Coisas

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MTBF - Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR - Mean Time To Repair (Tempo Médio de Reparação)

ONU - Organização das Nações Unidas

RA - Realidade Aumentada

RM - Realidade Mista

RV - Realidade Virtual

SFDR - Sustainable Finance Disclosure Regulation

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

UE - União Europeia

VMCS - Ventilação Mecânica Controlada de Sistemas

RE - Realidade Estendida

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Os desafios associados à Indústria 4.0 têm sido amplamente debatidos no ambiente industrial, no âmbito da manutenção industrial, o avanço da tecnologia mudou a forma com que a manutenção é aplicada.

De acordo com Martins et al. (2020), a manutenção de equipamentos é um elemento-chave nos sistemas de produção, podendo representar cerca de 60% a 70% do custo de produção provém da manutenção, portanto antever processos de manutenção de máquinas e serem feitas em um curto espaço de tempo, pode oferecer soluções efetivas para problemas, aumentar a disponibilidade das máquinas e redução dos custos que é uma das principais prioridades das indústrias, tendo como resultado geral uma produção eficiente.

Ourives (2019) aponta que se anteriormente, a manutenção era feita de forma corretiva, através da substituição de peças e realizando paragens de máquinas sem nenhum planejamento prévio, hoje torna-se ineficaz, devido às novas exigências das empresas, em busca da redução de custos e aumento da eficiência na produção. Os desafios da área de manutenção estão cada vez mais complexos no conceito técnico, mas com os mesmos objetivos: reduzir o tempo de equipamentos parados, custo de mão de obra, reduzir custo de mão de obra. Promovendo cada vez mais necessidade de integração de *softwares*, como forma de suporte e reduzindo o tempo de falhas em tempos mais curtos. (Orives, 2019).

Santana & Nascimento (2024) apontam que num contexto de desaceleração económica a otimização de custos, e a gestão da manutenção dos equipamentos é essencial para assegurar a segurança e disponibilidade dos equipamentos, com a devida otimização de custos.

Com o novo ambiente da 4ª Revolução Industrial (4RI), a indústria está sendo transformada de modo que seja impulsionada, a obter um desenvolvimento baseado em avanços tecnológicos, provocando mudanças profundas na sociedade, economia, inovação, serviços e meio ambiente (Coelho, 2016). Dentro do contexto da Indústria 4.0 novas tecnologias surgiram, como a Realidade Virtual (RV), Realidade Mista (RM) e Realidade Aumentada (RA) que estão sob o termo o qual abrange as três tecnologias descritas.

Dentro desse cenário, a Realidade Aumentada (RA), surge como uma possibilidade de mudar a realidade que vemos, através da sobreposição de objetos e ambientes virtuais, sobre o ambiente físico (Mesquita e Moreira, 2018). E, segundo Gaspari et al., (2013) o uso da RA possibilita que o

operador realize a manutenção de um equipamento complexo de acordo com as orientações fornecidas virtualmente, sobrepostas sobre uma imagem do ambiente real.

De acordo com Mouritz et.al (2020) o ambiente da 4^o revolução industrial permite que inovações e novas técnicas sejam constantemente introduzidas gerando melhorias no ambiente industrial, mais especificamente tecnologias no campo da Realidade Estendida (RE), como a RA. Além do uso da “Cloud Computing”, que permite que serviços tenham alta qualidade, ainda mais na controversa área da manutenção.

Segundo Martins et al. (2020), a manutenção industrial, está cada vez mais complexa, requerendo que o pessoal seja devidamente formado e bem capacitado. Com relação ao uso da RA os autores ressaltam que sua aplicação, com toda certeza facilita o desenvolvimento de ferramentas robustas de apoio à manutenção.

Previsão de falhas, manutenção precisa e livre de erros, garantia do melhor funcionamento das máquinas no menor tempo possível, em resumo esses são os objetivos das empresas, e com base nessas ambições, investigações têm sido feitas para o desenvolvimento de ferramentas e aplicações de suporte de manutenção em tempo real. A evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e o avanço da RA para projeção de dados durante as operações de manutenção, como forma de unir o mundo virtual e real tem impulsionado a comunidade científica.

Além disso, a RA viabiliza a colaboração remota, permitindo que especialistas orientem técnicos em campo, mesmo à distância. Esse tipo de interação reduz deslocamentos, aumenta a velocidade de resposta e melhora a qualidade da intervenção técnica.

Nesse cenário, torna-se essencial compreender não apenas o funcionamento da RA como tecnologia, mas também suas implicações operacionais, organizacionais e econômicas.

Assim, a presente investigação propõe-se a analisar criticamente o uso da Realidade Aumentada como ferramenta de apoio à manutenção em uma empresa de equipamentos térmicos, explorando tanto os ganhos técnicos quanto os desafios na adoção dessa tecnologia.

Com base nesse cenário, estabelece-se como hipótese deste trabalho que a utilização de soluções de Realidade Aumentada na assistência técnica pode contribuir para a melhoria da eficiência operacional, tendo como principal métrica de avaliação o tempo de execução das intervenções técnicas. Esta hipótese será validada a partir de análises quantitativas e qualitativas resultantes da implementação da tecnologia na empresa Zantia S.A., considerando a percepção dos técnicos e os indicadores operacionais obtidos durante o período de estudo.

1.2 Objetivos do trabalho

O presente relatório de estágio tem como principal objetivo a implementação de uma solução com realidade aumentada, bem como identificar os benefícios e dificuldades da aplicação da RA no processo de manutenção dos equipamentos em tempo real.

Estabelece-se como pressuposto de que a aplicação da RA pode melhorar a eficiência operacional dos serviços de manutenção, particularmente reduzindo o tempo de execução das tarefas, dimensão utilizada como referência empírica neste estudo.

Além de seu foco prático na resolução de um problema real em contexto empresarial, este trabalho também se propõe a contribuir para o avanço do corpo de conhecimento científico na área da gestão industrial, ao abordar um vazio de investigação relacionado à aplicação da Realidade Aumentada e seu impacto operacional específico no contexto da manutenção e assistência técnica de pequenos equipamentos de conforto térmico.

Para responder a estas questões, é necessário, primeiramente, identificar e compreender o uso da RA nos sistemas de manutenção industrial através de pesquisas disponíveis nos Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal, além de artigos científicos encontrados em motores de busca como Google Académico, Web of Science, Scopus e outros na biblioteca da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.

Para alcançar este objetivo, foi realizada uma investigação de soluções de RA para o departamento técnico, seguida da execução de pesquisas de satisfação com técnicos, operadores e consumidores para obtenção de dados.

Deste modo, a análise se assentará nas seguintes áreas:

1. Identificação de necessidades técnicas;
2. Análise dos resultados da pesquisa de satisfação realizada com os engenheiros;
3. Análise dos resultados da pesquisa de satisfação externa, realizada com os técnicos, comerciais e consumidores finais;
4. Identificação dos benefícios e limitações da implementação da realidade aumentada no processo de manutenção.
5. Desenvolver um questionário de diagnóstico para avaliar a percepção dos técnicos e operadores sobre o uso da RA;

6. Analisar os resultados obtidos a partir da implementação de uma solução de RA no contexto de uma empresa do setor de equipamentos térmicos.

Os dados foram recolhidos entre o período de 11/09/2024 e 11/10/2024, quando a solução será implementada, pois é um dos períodos com maior intervenções da empresa, sendo possível determinar a sua eficácia em circunstâncias similares ou iguais, analisando assim o tempo de adaptação do técnico na utilização da tecnologia e suas vantagens e desvantagens.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos:

- **Capítulo 1:** Apresentação dos objetivos principais e subsequentes desta pesquisa;
- **Capítulo 2:** Contextualização teórica sobre a realidade aumentada e levantamento bibliográfico do uso da realidade aumentada nos processos de manutenção e em sistemas AVAC;
- **Capítulo 3:** Detalhamento de aspectos cruciais para situar o projeto, como a contextualização do cenário no qual o mesmo se insere e uma apresentação da empresa envolvida;
- **Capítulo 4:** Apresentação da metodologia e análise dos dados obtidos, culminando na formulação de uma proposta de aprimoramento;
- **Capítulo 5:** Discussão dos resultados obtidos, além de uma análise da implementação, benefícios e limitações encontradas ao longo do processo.

A estrutura proposta visa garantir uma compreensão progressiva do tema, desde os conceitos teóricos até a aplicação prática, permitindo ao leitor acompanhar de forma clara a lógica da pesquisa.

2 Revisão da Literatura

O uso da tecnologia de realidade aumentada (RA) tem ampliado ao longo dos últimos anos, pressionado pelo ambiente concorrencial de energia, necessidade de uma boa prática de manutenção preventiva apoiada por tecnologias, bem como para a otimização de custos operacionais em longo prazo.

Com o intuito de estruturar a revisão da literatura, esta investigação recorre a um *framework* conceptual (Figura 1). O modelo parte do conceito de Indústria 4.0, sustentado por tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), passando pela digitalização da manutenção

e pela incorporação de soluções de Realidade Estendida — incluindo RA, Realidade Virtual (RV), Realidade Mista (RM), meta verso e gémeos digitais. A RA assume particular relevância em atividades de assistência técnica, através de suportes visuais interativos, formação remota e integração com plataformas digitais, contribuindo para a redução de erros, de custos operacionais e do tempo de resposta. Por fim, o modelo associa essas inovações aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 9, 12 e 13).

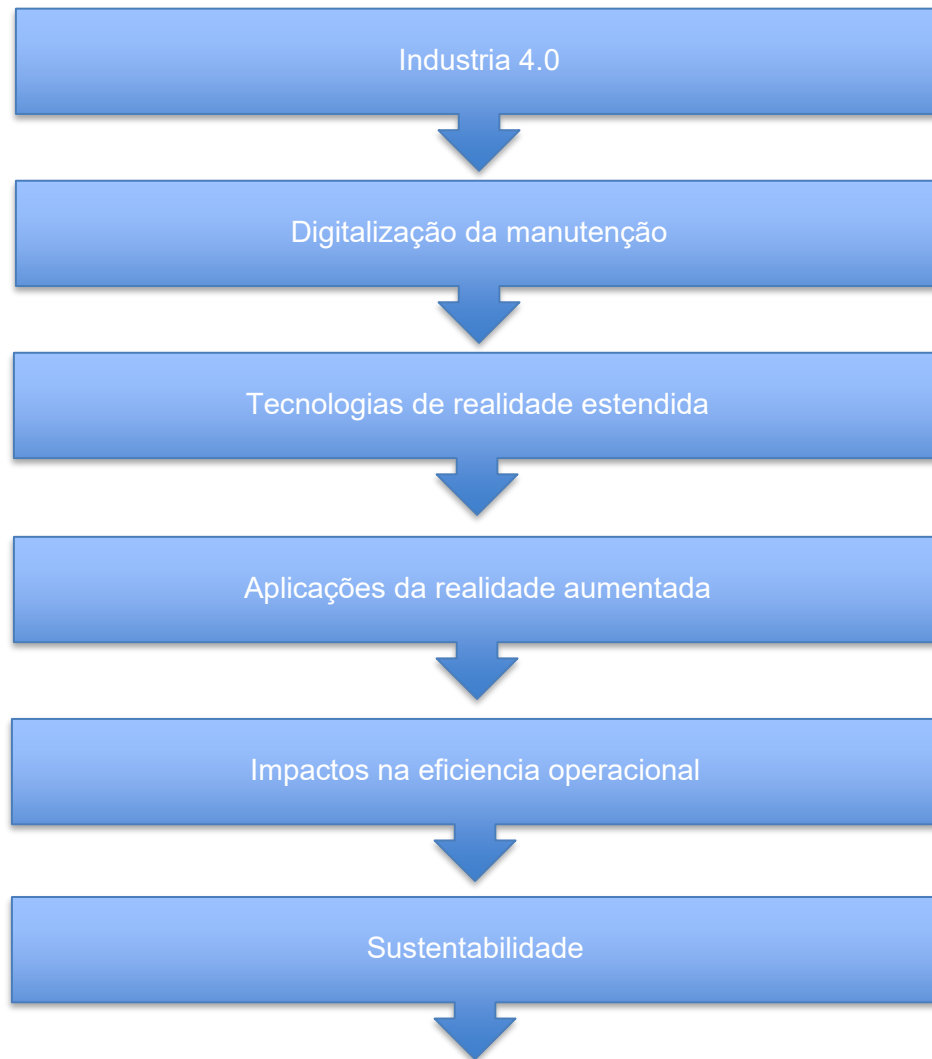


Figura 1 - Framework conceptual. Fonte: Autor.

A RA tem sua utilização no âmbito da indústria 4.0, permitindo a sobreposição de objetos gerados por computador ao ambiente real, através de dispositivos móveis, como por exemplo câmaras, sensores, telemóveis, etc. O surgimento destes dispositivos permitem uma interação mais

intuitiva, possibilitando que os serviços de manutenção sejam aprimorados tanto na qualidade quanto na produtividade (Santos et.al; 2022).

Segundo Fernández del Amo et al., (2018) existem técnicas diferentes para cada processo de manutenção e o suporte necessário para cada uma delas, as técnicas são apresentadas a seguir:

1. *Authoring (A)*
2. *Context - Awareness (CA)*
3. *Interaction - Analysis (IA)*

A primeira é a *Authoring (A)*, que se trata de um conjunto de métodos e técnicas para criar um conteúdo aumentado utilizado no sistema RA. O segundo, *CA*, é utilizado para caracterizar o conteúdo aumentado, e por fim o *IA*, é utilizado para analisar a interação entre o utilizador e o conteúdo “aumentado”, proporcionando feedback para o utilizador finalizar sua tarefa (Zhu et al.,2015).

Segundo Fernández del Amo et al.(2018) estas técnicas são importantes na área da manutenção uma vez que possibilitam que os setores que as utilizam, possam visualizar a informação de forma completa, se adaptar às necessidades e informações do operador, melhorando sua eficácia e desempenho proveniente dos *feedbacks* recebidos.

Nunes (2022) aponta que estas aplicações de RA são importantes pois permitem que a operação de manutenção, através das técnicas de CA, é possível que o operador tenha um suporte eficaz, de acordo com sua necessidade e tarefa. Pelo método de IA há como obter os feedbacks do operador sobre a tarefa realizada, avaliá-la e aprimorar o conhecimento.

O uso da RA na manutenção de equipamentos prioriza técnicas preventivas para evitar danos e correções indesejadas que possam interferir de forma negativa o processo produtivo, permitindo o gestão de desafios técnicos, por exemplo o uso de tablets equipados com a RA possibilitam o acesso a informações em tempo real ao alcance dos operadores, permitindo a comunicação com especialistas reduzindo o risco de uma manutenção inadequadas (Nunes 2022).

A EDP (Energias de Portugal, S.A.), entre os anos de 2017 e 2019 implementou um processo de digitalização integrado, em uma de suas empresas, responsável por gerir os ativos de produção hídrica e térmica, através da utilização de óculos de realidade aumentada na operação e manutenção de Centrais de geração de energia. Equipando os técnicos das centrais de produção, para realizarem tarefas de operação e manutenção, com acesso em tempo real, a seus parceiros de equipa de forma remota, acesso a documentos, possibilidade de gravar fotos e vídeos para ampliar o conhecimento e otimizar as análises de funcionamento dos ativos (EDP, 2017).

No ano de 2022, a LATAM Airlines Group SA anunciou o uso da RA como forma de possibilitar a melhoria da manutenção de suas aeronaves, no Brasil, através de óculos “Smartglass” que funciona por comando de voz, transmitindo imagens das aeronaves em tempo real para seus técnicos, no Centro Operacional de Manutenção, para o departamento de engenharia, até mesmo para o fabricante das aeronaves, permitindo que a tomada de decisão dos técnicos seja mais rápido, preciso e eleve os níveis de segurança, uma vez que o processo se torna mais eficiente (LATAM, 2022).

2.1 Manutenção - Evolução Histórica

A manutenção de equipamentos desde seu início é considerada como necessária ao processo produtivo, a evolução dos processos de manutenção tem como principal vertente a necessidade de reduzir custos. A evolução pode ser estruturada em quatro processos evolucionários, como apresentado na Figura 1:

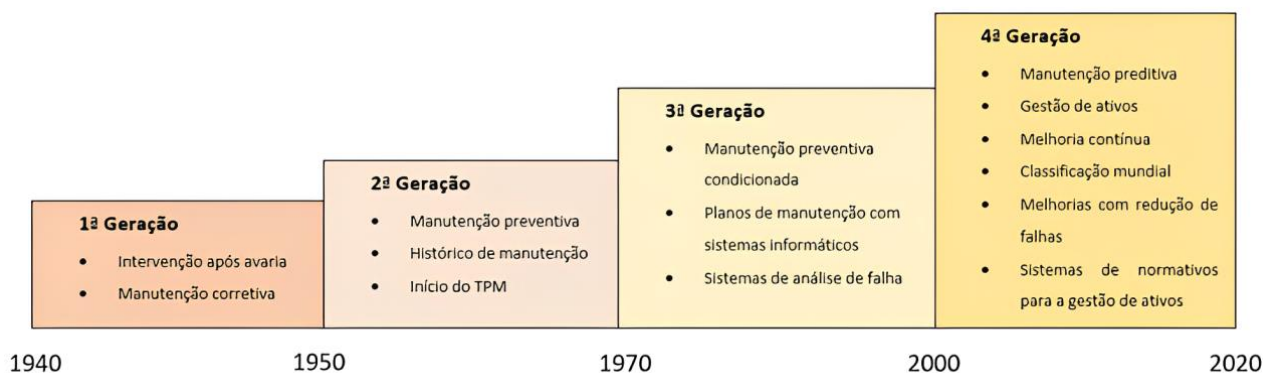


Figura 2 - Evolução histórica da manutenção industrial.; Fonte: Deger (2021)

Segundo Baran (2013), os três tipos principais de manutenção até a década de 90 eram:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva.

A manutenção corretiva, trata de um conjunto de procedimentos executados para atender de forma imediata, qualquer falha no equipamento avariado, por ser de forma repentina, este tipo de manutenção gera atrasos no processo produtivo.

Segundo a norma europeia EN 1330:2010 a manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha, pretendendo-se colocar o equipamento em funcionamento para cumprir suas especificações iniciais.

Ainda de acordo com Baran (2013) esta manutenção pode ser separada em duas áreas:

- A corretiva não planejada, onde o equipamento apresenta uma necessidade de correção imediata e que manterá o equipamento em funcionamento com um desempenho inferior ao necessário diante da urgência.
- E a correção corretiva planejada onde é feita uma manutenção prévia, não para consertar o equipamento mais mantê-lo em funcionamento de forma mínima, mesmo que apresente um desempenho inferior.

A necessidade de melhorias no processo de manutenção, e o aumento da complexidade dos equipamentos, pressionou a evolução atingindo seu segundo estágio, a Manutenção Preventiva, onde a atuação dos técnicos agora seriam realizadas em intervalos predeterminados, de acordo com os critérios prescritos a fim de reduzir a possibilidade de haverem falhas nos equipamentos e os levando a operar em seus estados mínimos de condição de uso (Gélio; 2022).

Na terceira geração foi a Manutenção Preditiva, que obteve espaço, seu método se trata da manutenção dos equipamentos com o fim de indicar seus reais problemas, através do uso de dados e demonstrando seu processo de degradação. Permitindo o acompanhamento do equipamento em seu pleno funcionamento, e coletando dados para informar possíveis problemas e se anteciparem a eles (Teles, 2020).

Segundo Correa (2015), a evolução do tempo apontou para novos caminhos a serem desenvolvidos a partir da década 90 a expansão dos processos de globalização, o surgimento da internet e o desenvolvimento de *softwares*, permitiu que a indústria se aprimorasse e assim também a manutenção industrial.

2.1.2 Digitalização da Manutenção

A digitalização da manutenção industrial, está a transformar as práticas industriais ao permitir que sejam integradas a tecnologias como o IoT, Inteligência Artificial (IA), Big Data e sensores inteligentes. Permitindo o monitoramento de falhas, em tempo real, otimização dos processos e maior eficiência operacional.

De acordo com Oliveira (2020) manter-se atualizado com os avanços tecnológicos é uma das principais preocupações das empresas, adotar a digitalização é uma forma de modernizar seus processos produtivos, diante da acessibilidade de *softwares* e *hardwares* que os tornam mais potentes e financeiramente viáveis.

O termo indústria 4.0 é, atualmente, um dos principais focos para algumas empresas, no entanto não há uma definição única formal. O termo surge na Alemanha, no ano de 2011 onde o país tinha o projeto de assegurar a competitividade da sua indústria e assumir uma liderança tecnológica (Oliveira, 2020).

A digitalização é um processo onde se usa a tecnologia e técnicas digitais de modo a facilitar o trabalho, execução de uma tarefa em específica, ou a resolução dos problemas. De acordo com Goble (2018) existe uma nova definição para o conceito da digitalização, consiste num processo de mudança para um negócio digital, através de ferramentas digitais para um novo modelo de negócio. Desta forma o termo da digitalização, se refere a adoção de produtos e serviços digitais dentro dos processos produtivos da empresa, em busca de obter vantagem competitiva (Ritter & Pedersen, 2020).

Segundo Schwab (2017), a Indústria 4.0 comumente conhecida como a Quarta Revolução Industrial, se trata da adoção de novas tecnologias como big data, computação em nuvem, inteligência artificial, realidade aumentada etc. Dessa forma, pode-se assumir que um dos principais focos para a Indústria 4.0 é a melhoria contínua para eficiência, segurança e produtividade através de princípios como; Digitalização e Automação dos Processos; Tratamento de Dados; Monitorizar e Rastrear produtos e processos (Oliveira, 2020).

A digitalização e a adoção de tecnologias de informação e comunicação (TIC) de acordo com Steiber et.al.(2020) se tornaram fundamentais neste novo processo, o desenvolvimento das tecnologias digitais e aceleração do processo técnico permitem às indústrias em desenvolvimento contribuir, diretamente para o aumento de uma vantagem competitiva saudável, uma vez que permite a redução de custos e aumentar a produção (Arendt, L. 2008).

Sua adoção reduz os custos de monitorização, melhoria das eficiências internas, aumento da oferta de produtos e serviços, expansão da sua carteira de clientes, e principalmente o aprimoramento do processo de produção, a implementação em linhas de produção de fábricas, gera ganhos de eficiência operacional, melhorar a qualidade dos produtos, a produtividade e otimização uma vez que as tecnologias da Indústria 4.0 tem potencial para que o processo de automatização pode melhorar a produtividade (Simões et.al 2019; Rachinger et al. 2019; Ciarli et al.,2021).

Estas novas tecnologias geram importantes mudanças para as empresas e a digitalização dos negócios impulsiona as atividades, entretanto Martínez-Caro et al., (2020) apontam que além da adoção de ferramentas tecnológicas, são necessárias mudanças estratégicas e organizacionais dentro das empresas, e investimento na formação de funcionários.

Desta forma a adoção da digitalização depende não apenas da adoção de processos cada vez mais tecnológicos, mas da sua flexibilidade e agilidade da estrutura organizacional para se adaptar aos processos que esta adoção exige (Sestino et al. 2020).

2.1.3 Os paradigmas da Indústria 4.0 e Indústria 5.0 na digitalização da manutenção

A Indústria 4.0 introduziu a digitalização dos processos produtivos, integrando tecnologias emergentes para otimizar operações industriais. Segundo Motta et al. (2021), sua aplicação pode reduzir o consumo de energia e aumentar a eficiência operacional. Conforme discutido na introdução, tecnologias como RA, RV e RM desempenham um papel fundamental nesse cenário.

O mundo moderno industrial está passando por uma fase de digitalização, onde as tecnologias digitais avançam de forma a permitir a melhoria de outras áreas científicas como a manutenção técnica. Com o desenvolvimento das TIC e a integração da “Internet das Coisas” em tradução livre - (IoT), a manufatura está em uma nova fase através do uso de dados, Big Data por exemplo, melhorando suas práticas de inventário, classificação dos componentes etc.

Carvalho et.al (2023) analisaram como o uso de tecnologias como machine learning e internet das coisas (IoT) contribuíram para o aprimoramento das técnicas de manutenção preditiva na indústria 4.0, os autores demonstram que esta orienta a tomada de decisão de manutenção, aquisição de dados, inteligência e segurança no processo, reduzindo os custos de manutenção, o tempo de inatividade e melhoria da produtividade.

A manutenção preditiva surge como uma forma de compreender o melhor funcionamento da máquina Lee et.al, (2020) aponta que esta é uma abordagem crucial para desenvolver as técnicas de execução e manutenção, uma vez que essas atividades tem importância crítica para as empresas, orientando a tomada de decisão de manutenção baseada nas condições da máquina.

Ao analisar os pilares da Indústria 4.0 é um fator a ser discutido sua aplicação dentro das indústrias, uma vez que além dos investimentos financeiros é preciso ser considerada as mudanças para os trabalhadores, exigindo maior capacitação dos funcionarios sobre as tecnologias utilizadas (Pacchini et.al, 2010)

A aplicação da indústria 4.0 nas indústrias portuguesas de acordo com Pereira (2021) é dinamizada pelo governo central através de programas coordenados pela Comissão Europeia (CE) que estão inseridos na Estratégia de Digitalização da Indústria, lançada em 2016. No ano de 2017, o Governo Portugues em atuação com o Ministério da Economia, lançou a iniciativa “Portugal i4.0” de

modo a favorecer o desenvolvimento da indústria e serviços digitais, através de 64 medidas, em busca de tornar Portugal um pólo de investimento na indústria 4.0.

A transição da Indústria 4.0 para Indústria 5.0 possibilitou avanços significativos no campo da manutenção industrial. Zonta et.al., (2020) ressaltam que esta permite a adição de um elemento humano aos processos, uma vez que há a colaboração entre o homem e a máquina, possibilitando decisões mais ágeis, estratégicas e gestão dos ativos de forma mais eficiente.

Monteiro (2021) afirma que a chegada da Indústria 5.0 não substitui a 4.0, a principal ideia é ampliar a tecnologia da Indústria 4.0 em conjunto com a atuação humana. As tecnologias como a IoT continuam centrais, mas combinadas com a interação humana, de modo a promover a eficiência operacional, entretanto se torna um desafio adaptar-se às necessidades das operações, em atuação com o ser humano.

2.1.4 Indicadores de Desempenho

De acordo com Pedro (2002) na área da manutenção indicadores de rendimento fornecem informa sobre as determinadas características sobre o funcionamento dos componentes, equipamentos ou sistemas sendo eles:

1. Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) : apresenta o tempo médio de bom funcionamento do equipamento, para seu cálculo é utilizada o conhecimento do tempo útil de funcionamento e pode ser aplicado a equipamentos que possam ser reparados;
2. Tempo Médio de Reparação (MTTR): Apresenta o tempo médio de reparação, demonstrando os graus de facilidade ao executar a intervenção;
3. Disponibilidade (D) : é condicionada pela frequência de avarias pelo tempo gasto na manutenção, ou seja consiste na redução do número de falhas e redução do tempo gasto para resolver (Pedro, 2002).

A norma EN 15341, estabelece diretrizes para a avaliação do desempenho da manutenção. Esta norma propõe uma abordagem estruturada na qual os indicadores podem ser agrupados em categorias que permitem uma análise mais abrangente e integrada. Entre as principais categorias definidas pela EN 15341 encontram-se:

- Indicadores de Desempenho dos Ativos:

Avaliam parâmetros como a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

- Indicadores de Eficiência dos Processos:

Medem a eficácia dos processos de manutenção, incluindo aspectos como os tempos de reparação.

- Indicadores de Custos:

Refletem os investimentos e despesas associados às atividades de manutenção.

- Indicadores de Qualidade e Segurança:

Verificam a conformidade com padrões de qualidade e segurança nos processos de manutenção.

2.2 Tecnologias de Realidade Mista

Com o processo evolutivo dos equipamentos e dispositivos, o uso da Realidade Virtual se tornou uma possibilidade ao unir o ambiente real e virtual, permitindo assim a interação entre homem - máquina em um ambiente natural e intuitivo (Tori e Kirner, 2006).

Milgram et al. (1994) realizou a caracterização do termo de “continuum de virtualidade”, de acordo com a figura 2, ele apresenta os extremos dos ambientes reais e virtuais. Quando ocorre a predominância do ambiente virtual sobre o real, é classificada como Virtualidade Aumentada (VA) e ao contrário, Realidade Aumentada (RA), ambos são classificados como Realidade Mista.



Figura 3 - Continuum de Virtualidade; Fonte: (Vaz, 2023)

Para operar a realidade mista, são essenciais dispositivos tecnológicos que empregam conjuntos de câmeras para capturar em tempo real perspectivas sobre o mundo físico. Por meio do processamento computacional dessas imagens, é viabilizada a experiência da realidade mista, que surge da fusão entre o mundo real e o virtual, englobando tanto a realidade aumentada quanto a virtualidade aumentada (Fonseca, 2013, p. 3).

De acordo com a META (2022) a Realidade Virtual (RV) visa possibilitar que o utilizador esteja num ambiente 3D, simulando o mundo real numa plataforma, enquanto a RA apresenta elementos do mundo virtual sobre o mundo físico.

A virtualidade aumentada, tem sido amplamente utilizada na arquitetura e design de interiores uma vez oferece uma visão avançada e interativa do ambiente construído. Com o uso de dispositivos especiais de visualização, os profissionais podem observar como novas estruturas impactam a paisagem, permitindo uma análise detalhada das infraestruturas existentes, como tubulações e linhas elétricas (Fernandes & Sánchez, 2008, p. 8)

Enquanto a Realidade Aumentada oferece ao utilizador uma interação segura e imersiva, reduzindo significativamente a necessidade de formação, ao trazer elementos virtuais para o mundo físico, enriquecendo e ampliando sua percepção do mundo real. Para sua viabilização, é preciso combinar técnicas de visão computacional, gráficos por computador e realidade virtual, resultando na precisa sobreposição de objetos virtuais sobre o ambiente físico (Zorzal et al., 2006)

Mouritz et.al (2020) analisaram a aplicabilidade da RA em desenvolvimento, como forma de apoio à operação remota de manutenção e reparação, através da criação de canais de comunicação entre os técnicos e os engenheiros, através do uso do Feedback em tempo real, e demonstrar a sua aplicabilidade. O estudo demonstrou que o uso da RA ainda é recente e há um conjunto de evidências limitado da sua aplicação práticas, apesar disso a sua aplicabilidade numa empresa metalomecânica foi um grande sucesso e atingiu o objetivo de redução no tempo de atendimento entre os técnicos e engenheiros especialistas.

Além de seu uso na manutenção, a RA ou a RV também podem ser aplicadas noutras áreas e contextos (Javaid & Haleem, 2019), inicialmente utilizados nas áreas militar, industrial ou médica, áreas como comércio e entretenimento começam a explorar as suas pontencialidades.

Fernandes (2021), analisa a implementação delas na área de recursos humanos, com forma de ampliação de treinamentos e simulações para a equipa e conselho de gestão. Os profissionais de RH avaliaram o impacto da tecnologia como positivo, na ampliação da eficácia de aprendizagem, otimização dos processos, aumento da motivação e apresentação da organização num ambiente virtual, gerando uma potencial aplicabilidade. Entretanto, os custos de implementação e a ausência de contato físico entre os operadores gera preocupação nos responsáveis.

No entretenimento, aérea líder no uso da tecnologia para simular ambientes imersivos e permitir que os jogadores tenham experiências reais em mundo digitais, pode-se citar o jogo “Pokemon Go” utilizando a RA em smartphones para simular a captura de personagens do jogo, no

mundo real, fazendo com que estes possam tocar em objetos, interagir com outras pessoas e ambientes (Parekh et.al, 2020; Valente et.al, 2018).

A indústria farmacêutica, é uma área que recorre ao uso da RV, na área da educação com a possibilidade de realizar atividades para promover experiências imersivas e interativas, reforçando conceitos laboratoriais, permitindo que os utilizadores aprendam com seus erros. Além disso, a RV e a RA ajudam no desenvolvimento de novos medicamentos, logo os cientistas simulam moléculas orgânicas e fazem os testes dos medicamentos (Coyne et.al, 2019).

De um modo geral, o uso das tecnologias de realidade mista são benéficas para o controlo de produção, diminuição de erros, fabrico de produtos com maior qualidade, disponibilização de informações e dados para todos os níveis organizacionais e aumento da produtividade (Damiani et.al, 2018).

O desenvolvimento de aplicações RV e RA, requerem um conhecimento sobre *softwares* e *hardwares* Masood & Egger (2019), o *hardware* refere-se ao núcleo da aplicação, e o *software* ao desenvolvimento das suas características ajustadas às necessidades do local. Estes autores apontam desafios para a implementação de sistemas de RA e RV como: a) altos custos de implementação e desenvolvimento inicial; b) ausência de conhecimento tecnológico suficientes; c) os operadores podem não aceitar o seu uso, sendo este último uma das principais barreiras à implementação uma vez que, se não ocorrer a familiarização a tecnologia e não forem capazes de usá-lo de forma eficiente, os operadores tendem a abandoná-lo. Portanto a integração dos operadores nos sistemas de realidade mista, são de suma importância para a diminuir das resistências à mudança e minimização das dificuldades de utilização (Massod & Egger 2019).

2.2.1 Metaverso e suas potenciais aplicação à manutenção

De acordo com o World Economic Forum (2022) o contexto mundial é uma revolução com o objetivo de unir o mundo real e virtual, de modo que ambos se complementam. Desta tendência, surge o Metaverso um ambiente onde se pode imergir o mundo físico no digital.

O relatório aponta que a reformulação digital permitirá novas formas de trabalho em virtude do uso de tecnologias como a RA e a RV. O significado da palavra de acordo com Longo & Tavares (2022) é “além do universo”, na prática consiste em um mundo virtual que pode replicar a realidade por meio dos dispositivos digitais.

De acordo com Joshi et.al (2020) e Budania (2023) o uso do metaverso possibilita uma interação real com objetos digitais em tempo real, além dos benefícios para os utilizadores, para as empresas permite a criação de novos negócios, através de novos produtos e serviços. Por exemplo, a

criação de showrooms para apresentação de produtos, ocasionando uma redução de custos diante da não necessidade de infraestrutura ou despesas de deslocação.

De acordo o relatório Economist Intelligence Unit (2021) e “Metaverse Industry” (2024) produzido pela ReportLinker, o metaverso pode ser utilizado para a educação e formação de equipa, uma vez que permite que os mesmos tenham acesso aos equipamentos e possam visualizar seus defeitos e falhas em um ambiente hiper realista e imersivo.

Ainda que esteja em um processo inicial de desenvolvimento, seu uso gera uma potencial mudança na forma como as empresas se relacionam com seus colaboradores e no atendimento a seus clientes, uma vez que permite experiências em tempo real e interativas. Podendo revolucionar a forma como a manutenção é feita, uma vez que permite a resolução de problemas reais digitalmente, oferecendo mais acessibilidade e uma forma mais eficiente de trabalho (MIT; Siemens 2024).

O relatório elaborado pelo MIT em parceria com a empresa Siemens Energy, “Technology Review” analisa o serviço do metaverso na indústria, o relatório aponta como seu uso pode revolucionar e desenvolver os sistemas produtivos, ainda que as aplicações para os consumidores estejam em desenvolvimento. O metaverso industrial possui um direcionamento alinhado com os problemas reais e as necessidades das empresas tornando-as cada vez mais competitivas.

A empresa Siemens Energy utiliza a plataforma NVIDIA Omniverse para operar suas centrais de energia, antevendo potenciais problemas de manutenção, através de um sistema chamado “Digital Twin” , um modelo virtual designado para refletir objetos reais no ambiente digital de forma precisa. Através da integração dos dados sobre os objetos físicos, a “Digital Twins” pode simular os objetos em um ambiente digital, através da RA ou da RV. A empresa utiliza a tecnologia para a manutenção de suas centrais e para o planeamento e simulação de construção sabendo exatamente a performance e eficiência antes de ter algum custo.

O relatório ainda aponta como a tecnologia do “Digital Twins” permite o aumento da sustentabilidade, otimização dos processos, redução da geração de resíduos, criação de ambientes seguros para formação e identificação de problemas e falhas nos equipamentos. Além disso, habilita para a tomada de decisão eficiente, produtividade (MIT; Siemens 2024).

De acordo com MMTEC (2024) o uso do metaverso possibilita o formação de equipas com segurança e agilidade; o uso do mesmo como forma de manutenção preditiva a execução de reparações à distância, através da orientação do especialista; melhor controle da qualidade e disponibilidade de peças.

Como pontos a serem desenvolvidos há os custos de implementação e uso de tecnologia avançada, desenvolvimento de sistemas de segurança e o formação para empoderar os trabalhadores no uso da tecnologia (Duarte, 2022).

2.2.2 Tecnologias de Realidade Aumentada

Existem diversas tecnologias, nos sistemas de RA os quais ainda estão em desenvolvimento e precisam de constante evolução, desta forma cada sistema é adaptado para cada necessidade, conforme o tipo de dispositivo utilizado. Para este trabalho as aplicações apresentadas são voltadas para o âmbito da manutenção industrial.

No âmbito da manutenção, existem aplicações e soluções específicas para o uso industrial como a) PTC Vuforia Studio; b) AAR Frontline; c) Bosch Commom Augmented Reality Plataform (CAP); d) MS hololens; e) e Scope AR. O quadro 1 apresenta dá uma das aplicações conforme sua especificação:

Quadro 1 - Plataformas de RA

Aplicação	Definição	Objetivo	Benefícios	Utilização
PTC Vuforia Studio	Kit de desenvolvimento de <i>software</i> para gerar aplicativos com RA	Fornecer críticas dos equipamentos aos operadores de forma direta	Aumento da Produtividade Satisfação dos Trabalhadores Melhoria na Experiência do Cliente;	Treinamentos e Manutenção
AAR	Plataforma de soluções para inspeção visual remota e reparo.	Fornecer aos trabalhadores industriais, que estão fora do ambiente organizacional	Força de Trabalho Conectada; Diminuição da Taxa de Erros; Redução de Reclamações; Não requer <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> adicionais	Inventários; Montagem Orientada; Inspeção; Treinamento e Assistência Remota
Bosch Commom Augmented Reality Plataform (CAP)	Plataforma para treinamento, manutenção e Reparo	Treinamento de operadores, em diferentes cenários, como por exemplo veículos elétricos e sistema de assistência técnica	Contato com Especialista, Manuais de Serviço de Manutenção	Treinamento e Assistência para conserto de equipamentos.

MS Hololens	Óculos de Realidade Aumentada (RA) que permite interações imersivas no ambiente industrial	Visualização de projetos em 3D, assistência remota e treinamento interativo	Melhoria na Eficiência Operacional, Redução de Custos, Melhor Aprendizado Prático	Treinamentos, Manutenção Remota, Projetos de Engenharia
Scope AR	Plataforma de Realidade Aumentada para suporte remoto e instruções guiadas	Permite que trabalhadores visualizem informações em tempo real e recebam suporte interativo	Redução do Tempo de Inatividade, Menos Erros Humanos, Maior Eficiência	Manutenção, Suporte Remoto, Treinamento Operacional

Fonte: Elaborado pelo autor - com base em (Hipolito,2019; Machado & Omaia, 2020; Vuforia, 2024; TeamViewer, 2024; Bosch, 2024).

As plataformas apresentadas, possuem aplicações voltadas para a manutenção industrial, e permitem que o operador tenha acesso a informações em tempo real para realizar sua tarefa de forma precisa e segura, e permite a conclusão de que o uso da RA está diretamente associado ao desenvolvimento dos métodos de produção (Pagani et al.2020)

2.2.3 Sistemas de Realidade Aumentada na Manutenção

O conceito de Realidade Digital tem sido amplamente estudado, especialmente com o avanço das TIC. A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia popular que oferece diversas vantagens, nomeadamente na melhoria da percepção do utilizador. Isso ocorre ao expandir o seu ambiente físico com os dados presentes nos computadores (Mouritz et al., 2020).

O uso da Realidade Aumentada (RA) surge com a 4º revolução Industrial proporcionando diversas finalidades para meio industrial, seu uso na manutenção permite imagens tridimensionais, e simulações para aproximar o homem da máquina (Gélio; 2022).

De acordo com Pagani et al.(2020) a RA consiste em um dos principais pilares para a Quarta Revolução Industrial, a partir de Ceruti et al. (2019) ela também pode ser definida como uma forma de computação gráfica sobrepondo a realidade, criando uma visão digital no mundo real. Seus benefícios para a indústria que a usa, possibilitando o aumento da segurança e diminuição do esforço físico de operários, permitindo um processo de produção inovador.

Recorrendo a interfaces de comunicação entre o mundo físico e o mundo virtual, e o avanço do uso de *softwares* visuais o uso da realidade aumentada facilita a interação homem - máquina, ao

reproduzir em dispositivos, câmeras e sensores, possibilitando o operador a receber orientação e instruções para as atividades executadas (Rubman et al., 2015).

Tendo como objetivo ampliar a percepção humana e aproximá-la da realidade atual. Suas aplicações não se limitam a apoiar o processo de montagem na linha de produção, mas também incluem ferramentas para técnicos realizarem atividades de manutenção remotamente, e até mesmo aplicações para formação de operações de pessoal, o que envolve formação na operação de máquinas/equipamentos, ou procedimentos de referência. , normas e manuais de operação.

Os primeiros documentos RA pertenceram à Boeing e surgiram na década de 1990. Desde então, o interesse da indústria na utilização desta tecnologia tem vindo a crescer, embora inicialmente limitado. Essas limitações foram superadas graças aos avanços tecnológicos, como os dispositivos móveis (smartphones, tablets, etc.), que dotam a RA de uma ampla gama de capacidades (Fernandes & Sánchez, 2008, p. 27).

Regenbrecht et.al (2005) apresentam setores onde o uso da RA é constante, como em aplicações automotivas e aeroespaciais, demonstrando os potenciais de seu uso nas indústrias principalmente como facilitador para montagem e manutenção dos produtos.

Masoni et.al (2017) analisam como o uso da RA poderia se tornar uma ferramenta industrial, através da manutenção remota com o uso de dispositivos móveis, ao conectar um operador qualificado em uma sala de controle, com o operador em campo que não seja tão qualificado, localizado onde a tarefa precisa ser feita. Após a implementação do sistema, alguns dos desafios apontados durante o período de implementação foram:

1. Necessidade de Internet para os operadores em campo, o qual dependiam da localização que estavam, para terem a conexão necessária para troca de informações com os operadores do centro de controlo. Logo o aplicativo precisaria ser projetado para o funcionamento considerando as piores condições, e muitas vezes outras formas de partilhar as instruções como vídeos offline;
2. Melhoria na maneira de comunicação, o uso de símbolos para que o especialista e operador consigam se comunicar de forma eficiente, além da comunicação textual (Masoni et.al 2017)

Uma aplicação comum é a apresentada por Mouritz et.al (2017) onde os técnicos conseguem realizar a manutenção de manipuladores robóticos com as informações projetadas em RA. Outras estruturas são apresentadas por Henderson (2011) e Mouritz (2018) onde os autores analisam o uso da RA em Sistemas de Serviços de Produtos, que permitia aos fabricantes a agregação de valor à linha de produtos.

2.2.4 Benefícios e Desafios da Realidade Aumentada

Cruz & Figueroa (2010) analisaram as tendências sobre o paradigma da Manutenção Inteligente observando, que o uso da manutenção remota colaborativa é importante.

Entretanto, a implementação dos *frameworks* baseia-se no uso de equipamentos como dispositivos portáteis, fator este que precisa ser considerado para evitar a redução da mobilidade do técnico, pois precisa levá-lo para ter acesso às instruções de manutenção. Logo sua implementação exige o desenvolvimento de estruturas para possibilitar o trabalho.

Embora haja o desenvolvimento de pesquisas constantes para o uso da RA, Siew et.al (2019) apontam que falta o desenvolvimento da funcionalidade prática do uso das aplicações, adicionais ao processo de implementação desses sistemas em cenários industriais.

Para Lambrecht et.al (2021) a RA tem como principal benefício a facilitação da interação com robôs, e suporte cognitivo, ao tornar por exemplo, os manuais de programação eficientes. Pilatia et al. (2020) aponta que a RA permite a redução do tempo médio de intervenções em até 51%, e aumento de 22% no processo de aprendizagem, devido aos processos de formação, pois a comunicação remota dos operadores com os especialistas nas máquinas, gera redução no tempo de inspeção e correção de erros.

Schuster et.al (2021) realizaram um estudo para avaliar o uso da RA através de óculos com alunos universitários, demonstrando que seu interesse, comprometimento e processo de decisão nos estudos. Nas provas aplicadas os alunos extraíam informações relevantes e de forma simplificada sobre um sistema complexo. Mas também, demonstrou que muitos alunos acabam perdendo o foco nos estudos, resultando na redução da aprendizagem, demonstrando que o uso da informação visual precisa ser limitada.

A competição dos meios produtivos, gera necessidade da indústria aprimorar seus processos produtivos, como apontado por Syberfeldt et.al (2020) a RA possibilita um suporte eficaz para os trabalhadores de montagem, ao permitir que informações sejam postas a eles, de forma simplificada.

Com relação aos desafios, a figura 3 demonstra pontos relevantes para a implementação da realidade estendida (Valle et.al 2021)

Quadro 2- Desafios da Realidade Aumentada

Oportunidades	Desafios
Novos Modelos de Negócios mais eficientes;	Alto Investimento;

Ensaio e correções ainda na versão virtual;	Segurança dos dados;
Experiência de uso interativas virtuais;	Falta de Familiarização com a tecnologia;
Treinamento Operacional.	Necessidade de uma equipa técnica para desenvolver aplicações personalizadas.

Fonte: Valle et.al (2021)

Os desafios da expansão de seu uso, na indústria que o setor analisado se tem desafios relevantes: a) a familiarização dos operadores com a tecnologia, b) necessidade de equipas técnicas que tenham conhecimento para desenvolver as aplicações; c) garantia da segurança de dados.

Ainda para Cardoso et.al (2020) e Massod & Eger (2019) um dos maiores desafios da RA é a garantia da aceitação por parte do trabalhador, além da necessidade de se pensar a ergonomia do utilizador, e como realizar o tratamento a problemas de dores de cabeça para exposições constantes aos dispositivos.

2.2.5 Sustentabilidade & Agenda 2030

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) se trata de uma iniciativa em prol do desenvolvimento sustentável, onde 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) apresentados na figura 4, são tomados como metas que desafiam a sociedade a adotarem novos métodos de produção, minimizando a ação humana no meio ambiente, para garantir o desenvolvimento humano e um processo económico, político e social respeitando o meio ambiente (ONU, 2015).



Figura 4 - 17 Metas de Desenvolvimento Sustentável; Fonte: ONU (2024)

Dentro dos 17 ODS, existem 169 metas para serem cumpridas até 2030, envolvendo diversidades de domínios, como fome, saúde, educação, igualdade de género etc. (ONU,2015) Para esta dissertação os principais ODS que irão ser analisados são ODS 9 (Inovação, Indústria e Infraestrutura); ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis); ODS 13 (Ação Climática).

O uso da RA apoia a sustentabilidade ambiental, social e económica através da otimização de recursos e processos, no setor industrial aumento da eficiência e redução de desperdícios de equipamentos e peças o qual se alinha com o ODS 9 (Inovação, Indústria e Infraestrutura) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). A RA também permite que haja planeamento e execução sustentáveis, mitigando a emissão de carbono como proposto na ODS 13 (Ação Climática) (Peralta, 2019).

Tripathi et.al (2023) apontam que a perspectiva socio-técnica do uso da RA, visa a interação entre pessoas, processos e tecnologias impulsionados um por dados em vista de aumentar a sustentabilidade, segundo os autores o seu uso, por meio das organizações, possibilitam integrar processos, envolver pessoas e usar dados para a tomada de decisão de forma ágil e sustentável, com uma ação urgente para minimizar o uso de carbono, a RA tem o potencial de contribuir para mudanças de comportamento social (Tripathi et.al 2023).

No contexto da regulamentação pode-se ressaltar como estas têm impulsionado os setores para que adotem práticas sustentáveis nas organizações e nas finanças. Alguns exemplos são apresentados a seguir:

- 1) O Regulamento de Divulgação de Finanças Sustentáveis (SFDR), através do Regulamento UE 2019/2088 foi regulamentada em Portugal através do Parlamento Europeu e Conselho no ano de 2019, a qual visa a garantia de transparência e responsabilidade ambiental e social do mercado financeiro. De modo a evitar o “greenwashing” termo que se refere a práticas empresariais que simulam a adoção de práticas sustentáveis e responsabilidade ambiental, desta forma os investidores têm o conhecimento de investimentos que sejam realmente baseadas nas boas práticas e padrões do ESG - sigla em inglês para o termo “Environmental, Social and Governance” e assim tomem decisões informadas (PWC - PT, 2024; UE 2019) .
- 2) Diretiva de Relatórios de Sustentabilidade Corporativa (CSRD) implementada pela Diretiva (UE) 2022-2014, alterando a Diretiva 2014/95/EU, visando a implementação de relatórios por parte das organizações atuantes na União Europeia, mais de 75% das empresas atuantes no território, de modo que os investidores possam avaliar o desempenho das empresas no âmbito da sustentabilidade, de modo que isso seja uma orientação para os investidores se voltarem a organizações mais tecnológicas e sustentáveis (KPMG, 2024; UE, 2023).

Para que o CSRD seja operacionalizável, as Normas Europeias para o Relato de Sustentabilidade (ESRS), foram implementadas determinando como as informações devem ser divulgadas e de que modo cada empresa opera e como superam os desafios ambientais (KPMG, 2024).

As ESRS abordam quatro dimensões para que as empresas apresentem, seu desempenho, conforme apresentado na figura 4:



Figura 5 - ESRS; Fonte: KPMG (2024)

Outra implementação relevante para que as empresas adotem práticas sustentáveis foi a implementação da Taxonomia Europeia criada em 2020, a qual estabelece uma classificação para atividades económicas sustentáveis. Permitindo que os investidores possam direcionar seus recursos para ações e projetos sustentáveis, uma vez que exige que as informações das empresas estejam dentro deste padrão (UE, 2020).

Estas iniciativas demonstram a importância da sustentabilidade, e as ações para que os processos produtivos se tornem sustentáveis, em vista de alcançar os objetivos propostos na Agenda 2030.

2.2.6 Relevância da RA na Manutenção para Sustentabilidade

De acordo, com Fagbamigbe (2023), o uso da tecnologia está a transformar as indústrias, através das suas possibilidades de redução de custos e aumento de eficiência, mas também gerando

mudanças sociais e ambientais, através de aplicações sustentáveis e tecnologias inovadoras como IoT, blockchain, impressão 3D, e aplicações como RV e RA. O autor ainda ressalta como os próprios clientes estão cada vez mais conectados e a requerer transparência, bem como opções *eco-friendly*.

RA está presente em diversas indústrias oferecendo soluções viáveis e relevantes para superar alguns desafios da sustentabilidade, ao promover visões realistas e representação de seus projetos e objetos, Fagbamigbe (2023) apontam alguns casos onde a RA foi utilizada como: Protótipos Virtuais; Setores de Design e Arquitetura; Agricultura; Saúde.

O uso da RA está crescendo rapidamente, ganhando relevância nos setores industriais, mas também na saúde, educação, manufaturas e governo. Permitindo também o uso da informação, tornando a linha de produção ecológica e efetivamente gerenciar o consumo e disposição dos produtos que promovam a sustentabilidade. A RA combina ambientes reais e virtuais, e diversas indústrias têm aplicado-a por muitas décadas, desde a NASA à reparação automível (Fagbamigbe ,2023; Lampropoulos,2022; Forbes, 2019).

Como uma ferramenta poderosa, a RA permite preencher a lacuna entre a inovação digital e a responsabilidade ambiental (Lampropoulos 2022), oferecendo benefícios que transformam a forma como as organizações abordam novas práticas ecológicas. Green City Times (2023) apontam benefícios do seu uso, como:

1. Suporte a Economia Circular: Melhorar a gestão do ciclo de vida do produto, permitindo a redução de emissões de carbono ao facilitar a classificação dos resíduos, facilitam o processo de reciclagem, além disso provedores virtuais e testes de produtos digitais se apresentam como soluções inovadoras para redução de devoluções e desperdícios promovendo um consumo consciente e novos padrões;
2. Redução do Impacto Social: Uso de protótipos virtuais reduz o desperdício de materiais, uma vez que por exemplo engenheiros podem testar seus projetos antes da produção física, promovendo redução de custos, eficiência na concepção das peças e produtos;
3. Economia de Energia: Auxílio da otimização da produção operacional, leva a economia de energia em diversos setores;
4. Operações e Manutenções: Gestão eficiente de recursos e energia, monitorização e gestão mais precisas de recursos, fator relevante pois o uso da energia e produção são dois dos maiores contribuintes para emissão de gases. Facilita o processo de manutenção, treinamento, assistência remota ao diminuir a necessidade da presença física, minimizando o tempo de inatividade do equipamento; Possibilita uma gestão aprimorada de stocks, otimização de espaços e redução de custos (Green City Times 2023).

O Fórum Económico Mundial (2024) através do relatório “The Global Collaboration Village” em parceria com a Accenture, apontou a convergência do uso de tecnologias RE e a gestão ambiental, a tecnologia RE inclui: VR; RA; a realidade mista (RM) como uma forma poderosa de impulsionar inovações em sustentabilidade, através de plataformas digitais de colaboração, nos setores industriais como forma de formação da força de trabalho, design e visualização de dados. O relatório divulgado pelo escritório de contabilidade federal do Governo Federal dos Estados Unidos da América (GAO, 2024) demonstrou que as agências federais americanas utilizam a RA como forma de decisões em tempo real, colaboração, aumento da segurança e inovações sustentáveis.

Além disso, o relatório do Fórum Económico Mundial apresenta a transformação das cadeias de produção, através do uso das tecnologia RE através da adoção da RA e RV para suporte em decisões em tempo real, reduzindo o uso de combustíveis, gestão remota e redução da necessidade de viagens.

Permitindo que as empresas simulem suas ações de formas virtuais, demonstrando sua preocupação com os impactos ambientais e mapeando suas ações e de seus negócios comprovando o papel da RE em soluções equitativas, desde as cadeias de abastecimento até a transformações das operações ao adotarem inovações escaláveis, baseada em dados, gerando sustentabilidade e diminuindo o impacto de seus processos produtivos na crise climática (Fórum Económico Mundial, 2024).

2.3 Manutenção e Assistência Técnica no Setor Dos Equipamentos Térmicos

2.3.1 Manutenção em sistemas AVAC

Com a evolução das tecnologias e das metodologias de gestão de manutenção, surgiram diferentes tipos de manutenção, como a manutenção corretiva, que trata os problemas após a falha, e a manutenção preventiva, que visa antecipar e evitar falhas futuras (Mobley, 2002). Recentemente, a manutenção preditiva ganhou destaque, utilizando dados e sensores para prever quando uma máquina provavelmente falhará, permitindo intervenções mais precisas e económicas (Jardine, Lin, & Banjevic, 2006).

No que tange à aplicação dessas práticas no campo específico das máquinas de climatização, a manutenção assume um papel ainda mais crítico, dado o impacto direto que esses sistemas têm no conforto, na eficiência energética e na saúde dos ocupantes de um ambiente. Sistemas de climatização, como ar condicionados e sistemas na área de Aquecimento, Ventilação e Ar

Condicionado (AVAC) requerem uma manutenção regular e especializada para garantir seu funcionamento eficiente e prolongar sua vida útil (ASHRAE, 2019).

A manutenção de sistemas de climatização envolve diversos processos, como a limpeza de filtros, a verificação e substituição de fluidos refrigerantes, a inspeção de componentes elétricos e mecânicos, e o acompanhamento do desempenho energético (Cucumo et al., 2007). Além disso, a falha em realizar uma manutenção adequada pode resultar em problemas como a diminuição da eficiência energética, o aumento dos custos operacionais e a redução da qualidade do ar interno (Dao et.al, 2006).

Portanto, a manutenção de sistemas de climatização é um campo que exige não apenas conhecimento técnico, mas também uma abordagem sistemática e preventiva, focada em preservar a integridade e o desempenho dos equipamentos ao longo do tempo.

Com a incorporação de técnicas avançadas de manutenção, como a metodologia preditiva, é possível otimizar ainda mais esses sistemas, garantindo um ambiente interno confortável e eficiente, minimizando ao mesmo tempo os impactos ambientais e económicos.



Figura 6 - Recuperador de Fluxos Cruzados Horizontal; Fonte: Zantia (2023)

Os sistemas de climatização eram vistos como meios de conforto térmico, desde o início da climatização. Contudo, a ventilação e filtragem de ar entraram nesse sistema devido ao avanço das pesquisas tecnológicas, sendo aspetos essenciais para a saúde pública, sobretudo em zonas com alta taxa de poluição atmosférica (Wang et al., 2020).

Um exemplo de equipamento utilizado para essa finalidade é mostrado na Figura 5.

Os equipamentos de climatização atuais, como bombas de calor, sistemas de ar-condicionado inverter e VMC's, Não apenas controlam a temperatura, mas também fazem a análise da umidade e

qualidade do ar, removendo todos os contaminantes e fornecendo ventilação necessária para um tipo de ambiente dimensionado (Zhang et al. 2019).

Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas no século XXI devido a alta procura por eficiência energética. De acordo com Li et al. (2020), os sistemas AVAC são responsáveis por uma grande parte do consumo energético em edifícios, representando até 40% do uso total de energia em algumas edificações. Logo, a eficiência desses sistemas é uma preocupação central para os projetistas.

Nos últimos 5 anos foram inseridos sistemas mais eficientes no mercado, como sistemas de climatização por zona, que permite o controle de diferentes temperaturas por ambiente, também os sistemas de climatização com energias renováveis, como a energia solar térmica. (Kim & Park, 2021). Além disso, o uso de sistemas que fazem a gestão das temperaturas ajustando a operação do equipamento de climatização consoante o gráfico de variação de temperatura interna/externa, através da análise dos dados de ocupação e clima, tem demonstrado potencial para realizar a redução do consumo de energia. (Hassan & Lee, 2021).

A qualidade do ar interno (QAI) é outra das principais preocupações em relação aos sistemas de climatização, inclusive em edifícios modernos que são altamente isolados termicamente para melhorar a eficiência energética do local. Sistemas AVAC eficazes devem não apenas manter o conforto térmico, mas também garantir que o ar circulado seja limpo e seguro para respirar (Gładyszewska-Fiedoruk et al., 2022). Isso envolve a remoção de poluentes como CO₂, partículas finas, compostos orgânicos voláteis (COVs), e outros alérgenos que podem acumular-se em espaços internos.

A pandemia do COVID-19 também nos lembrou da importância dos sistemas AVAC no controle da disseminação de doenças transmissíveis pelo ar, como o coronavírus. Estudos recentes enfatizam a necessidade de manutenção regular e a possível integração de tecnologias de purificação de ar, como filtros HEPA e sistemas de radiação ultravioleta, para reduzir o risco de infecções em ambientes fechados (Morawska et al., 2021).

2.3.2 Realidade Aumentada e a Assistência Técnica na Manutenção

Residencial

A RA vem destacando-se como uma tecnologia emergente com potencial significativo para transformar diversos setores, incluindo o de manutenção de equipamentos térmicos residenciais.

Alguns dos benefícios de seu uso, são apontados abaixo:

1. Guias de Manutenção em Tempo Real: A RA possibilita que técnicos e até mesmo os utilizadores finais visualizem instruções passo a passo para a manutenção de equipamentos em suas residências. Por exemplo, ao apontar um dispositivo com RA, como um tablet ou smartphone, para um equipamento de ar condicionado, o utilizador pode visualizar diretamente na tela instruções sobre como substituir filtros, realizar diagnósticos básicos ou identificar componentes específicos, de modo a ocasionar a melhoria na manutenção e capacitação do cliente para operar o problema do equipamento, sem a presença do profissional (Porter & Heppelmann, 2017).
2. Redução de Erros e Aumento da Eficiência: A RA pode fornecer informações contextuais precisas no ponto de necessidade, reduzindo significativamente a margem de erro durante tarefas de manutenção. Estudos indicam que a aplicação de RA em manutenção pode reduzir o tempo de serviço em até 40% e minimizar os erros em aproximadamente 30% (Tang et al., 2020). Isso é especialmente valioso em cenários onde a precisão é crucial, como na manutenção de sistemas AVAC complexos ou eletrodomésticos de última geração.
3. Formação e Suporte Remoto: A RA também pode ser utilizada para treinar técnicos em campo, oferecendo uma plataforma onde eles podem praticar procedimentos de manutenção em ambientes virtuais antes de aplicá-los no mundo real. Além disso, em situações onde o cliente encontra dificuldades, a RA permite que técnicos experientes ofereçam suporte remoto, visualizando o problema através dos olhos do cliente (via dispositivo RA) e orientando-o em tempo real, resultando em soluções mais rápidas e eficientes, melhorando a satisfação do cliente (Chalhoub & Ayer, 2021).
4. Aplicação na Assistência Técnica: Uma aplicação de suporte baseada em RA para a manutenção de caldeiras e outros equipamentos domésticos permite que informações específicas sejam exibidas em dispositivos móveis, enquanto detalhes adicionais são acessados através de um tablet. A arquitetura Cliente-Servidor desta aplicação promove uma comunicação eficaz entre dispositivos, onde o dispositivo cliente, que consome menos recursos, apresenta a RA e envia dados ao servidor no segundo dispositivo, o qual reage apresentando informações complementares. Essa interação permite que os técnicos personalizem e acessem as informações conforme necessário, desde que estejam conectados à mesma rede sem fio. A abordagem multi-dispositivo descrita configura-se como um mecanismo eficiente para selecionar e visualizar informações pertinentes durante a manutenção, conforme os resultados preliminares indicam uma maior eficiência na execução das tarefas (Justimiano et al., 2021).
5. Experiência do Cliente Final: Para o consumidor, a RA oferece uma experiência mais envolvente e compreensível, permitindo uma melhor compreensão dos problemas e das

soluções apresentadas. Isso não apenas empodera o utilizador, mas também pode aumentar a confiança na marca ou no prestador de serviços, ao oferecer um nível de transparência e controlo que antes não era possível (Mekni & Lemieux, 2021).

2.3.3 Desafios e Futuro da Realidade Aumentada na Manutenção

Residencial

Apesar dos benefícios, a implementação da RA na manutenção residencial ainda enfrenta desafios. A necessidade de dispositivos compatíveis, a curva de aprendizado associada ao uso da tecnologia e os custos de desenvolvimento de conteúdo RA personalizado são barreiras significativas (Syberfeldt et al., 2020). No entanto, com o avanço das tecnologias de *hardware* e *software*, espera-se que essas barreiras diminuam, permitindo uma adoção mais ampla.

No futuro, a integração de RA com outras tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial (IA), pode levar a sistemas de manutenção ainda mais inteligentes e autónomos, onde os dispositivos não apenas alertam sobre problemas, mas também fornecem soluções automatizadas ou orientadas por RA para a resolução instantânea (Rokhsaritalemi et.al 2020).

Justimiano et al. (2021) concluíram que o sistema de RA contribui significativamente para a formação de novos profissionais na manutenção de equipamentos, eliminando a necessidade de deslocação de especialistas ao local. Esta abordagem permite que as empresas reduzam o tempo de parada da linha de produção, eliminando a espera pela chegada de especialistas externos, cuja deslocação pode ser demorada e sujeita a grandes necessidades de assistência técnica. Adicionalmente, os custos com transporte, alimentação e hospedagem são reduzidos, e os riscos de acidentes durante o trajeto são minimizados.

2.4 Equipamentos Térmicos

Os equipamentos de climatização, conceitualmente designados como hvac

, desempenham um papel muito importante no projeto de ambientes internos confortáveis e saudáveis, tanto em edifícios residenciais quanto comerciais. Essas tecnologias foram evoluindo ao longo dos últimos anos, e a eficiência energética tem sido um dos maiores alvos, quando se trata de desenvolvimento de novas tecnologias e implementação do sistema.

2.4.1 Equipamentos de AVAC

A sigla AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado é proveniente do termo em inglês HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) e são voltados para o conforto e qualidade do ar interior (Raposo, 2020).

São diversos modelos e tipos de produtos que proporcionam o conforto no ambiente que vai desde o convector até o sistema de ar condicionado, atendendo às temperaturas internas necessárias, porém quanto mais exigente a necessidade, mais complexo se torna o sistema, sendo necessário vários parâmetros e formas ideais de se utilizar os equipamentos. (Tavares, 2022).

O sistema é constituído de equipamentos que permitem o controlo e parametrização de interiores, com o objetivo do controle de temperatura, controle de umidade do ar ambiente, seja por desumidificação, eliminação de impurezas, odores e outras situações específicas (Roxo, 2022).

Conforme Raposo (2020), a implementação de um sistema AVAC constitui uma área especializada da engenharia mecânica, abrangendo conceitos como mecânica de fluidos, termodinâmica, transferência de calor e equipamentos de ventilação, incluindo bombas e condutas.

Marques (2011) informa que os sistemas de climatização podem ser classificados de acordo com o modelo do equipamento instalado, seja para produção de calor ou de frio. A Categorização dos sistemas é apresentada na Figura 7:

Quadro 3- Sistemas de climatização

Sistema Centralizado	Equipamentos de Produção de Frio e Calor localizados nas zonas técnicas Distribuição do Fluido de Transferência (ar, água) em contato direto com o ambiente
Sistema Semi-Centralizado	Equipamentos de Produção de Frio e Calor localizados nas zonas técnicas Energia Térmica é gerida por mais de um equipamento e permite a sua ampliação em diversas zonas
Sistema Descentralizado	Equipamentos Compactos com princípio de expansão direta do fluido refrigerante; Individual para cada ambiente, separado em duas partes: exterior e interior, onde a segunda se localiza dentro do ambiente a ser climatizado.

Fonte: Adaptado - Roxo (2022) & Marques (2011)

Além da classificação em sistemas, eles podem ser classificados quanto aos fluidos e equipamentos:

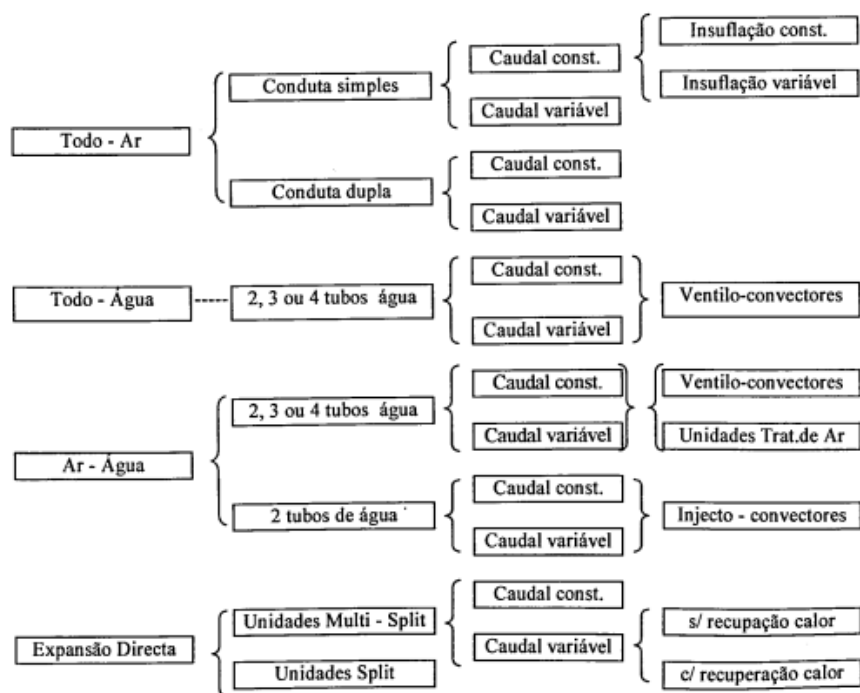


Figura 7 - Classificação Sistemas AVAC – Fluidos; Fonte: Pedro (2002)

Segue abaixo a classificação dos sistemas AVAC:

1. Sistemas Todo Ar - Remove-se a carga térmica e é efetuada a distribuição de ar nos equipamentos de sistema individual, através de unidades produtoras de água, fria e quente que permitem a produção primária de frio ou calor (Pedro, 2002);
2. Sistemas Todo Água - O sistema permite a distribuição de cada ambiente com água fria ou quente, com a vantagem de que esse sistema é compactado para a tubulação (Marques, 2011);
3. Sistemas Ar- Água - Usa-se a distribuição simultânea de água e ar, o condicionamento dos ambientes é feito através de ar introduzido de forma mecânica para os locais serem climatizados assegurando as necessidades mínimas de ventilação (Marques, 2011);

2.4.2 Eficiência energética dos sistemas AVAC

Estudos indicam que a preocupação com a eficiência energética e sustentabilidade, vem impulsionando o setor AVAC. Segundo Tavares (2022), a eficiência energética nos sistemas AVAC é fundamental para reduzir o consumo de energia elétrica e as emissões de carbono e que esses dados foram comprovados através de pesquisas sobre o desempenho energético de sistemas AVAC em edifícios, resultando em economias significativas de energia e contribuindo assim para a sustentabilidade do meio ambiente.

Sendo uma tendência mais atual, a transição de equipamentos mais obsoletos, para modelos com alta eficiência energética, tornou-se frequente, se tornando uma tendência crescente no setor de climatização. além disso reduzem emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se com os objetivos globais de sustentabilidade (Oliveira & Costa, 2023).

3. Zantia S.A

A Zantia Climatizações S.A. foi fundada em 1999 e se estabeleceu como um importante participante no mercado global de climatização. Com sede em Viseu, Portugal, a empresa começou como um comerciante de ferragens, ferramentas manuais e produtos de canalização e aquecimento.

Entre as principais empresas do país no setor de climatização. Possui qualidade na operação, fornecendo soluções completas de energia de maneira eficiente. Se beneficia de uma sólida reputação de inovação e qualidade contínuas, com uma implementação prática de valores que a empresa segue desde sua formação.

Com o passar do tempo, houve a diversificação de suas ofertas de produtos. A empresa oferece caldeiras a biomassa, energia solar térmica e fotovoltaica, ar-condicionado e bombas de calor. O motivo dessa diversificação é atingir um maior mercado-alvo e ser compatível com avanços tecnológicos em constante evolução e as crescentes necessidades do setor de condicionamento de ar.

A empresa adota medidas importantes em relação à sustentabilidade e continuamente investe em energias renováveis e tecnologia que aporta para apoiar a eficiência energética, além da formação de seus colaboradores sobre as melhores e mais recentes práticas da indústria.

A Figura 10 apresenta o organograma da empresa, o qual demonstra sua sólida formação para melhor atuação no setor.

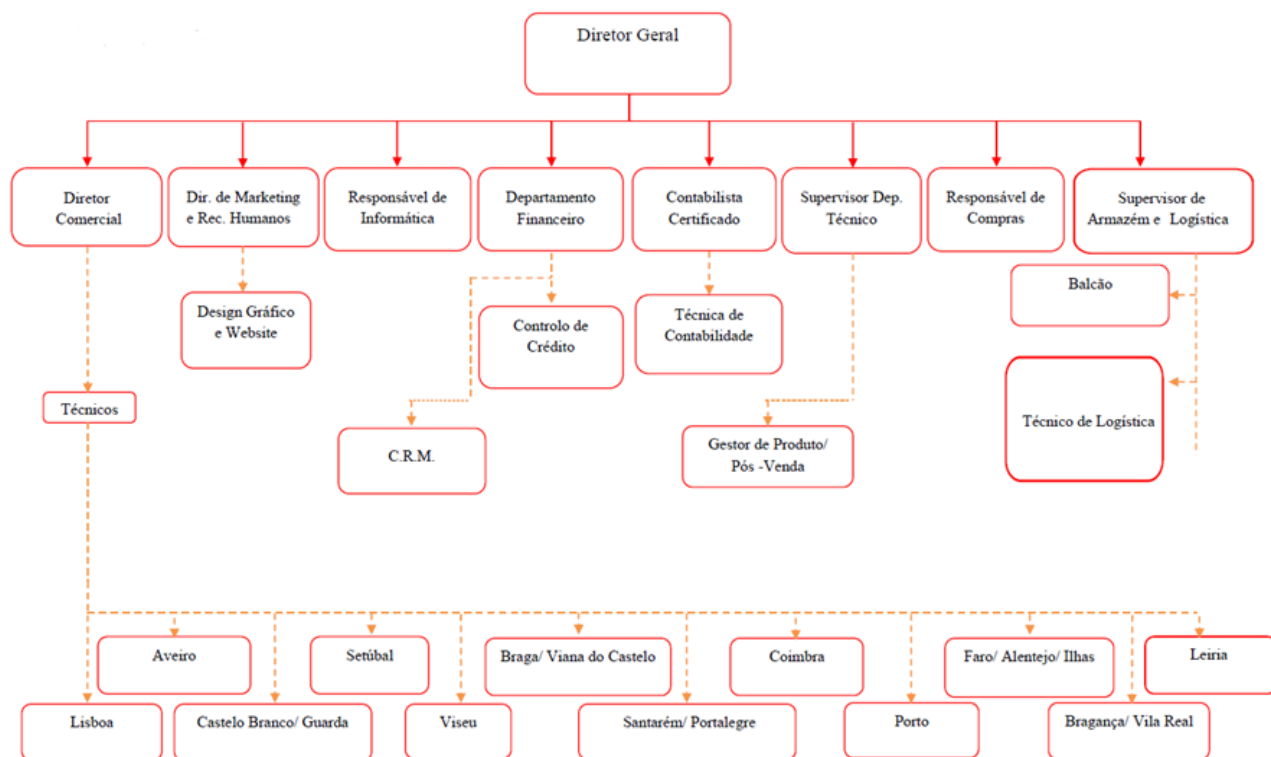


Figura 8 - Organograma; Fonte Zantia (2023)

O organograma fornecido delinea a estrutura organizacional de uma empresa, destacando as várias divisões e as respetivas hierarquias. No topo da estrutura encontra-se o Diretor Geral, que supervisiona diretamente diversas áreas funcionais e gestores.

O Diretor Comercial responsável por uma equipa de técnicos distribuídos geograficamente por várias regiões, incluindo Lisboa, Aveiro, Setúbal, Castelo Branco/Guarda, Braga/Viana do Castelo, Viséu, Santarém/Portalegre, Coimbra, Porto, Faro/Alentejo/Ilhas, Bragança/Vila Real e Leiria, os quais reportam diretamente a ele.

A área de Marketing e Recursos Humanos é dirigida pelo Diretor de Marketing e Recursos Humanos, que supervisiona também a função de Design Gráfico e Website, essencial para a comunicação digital e a imagem corporativa da empresa.

O Responsável de Informática supervisiona todas as operações relacionadas com as tecnologias da informação, assegurando o funcionamento eficiente dos sistemas informáticos e a segurança dos dados.

O Departamento Financeiro é gerido de modo a assegurar o controlo e a saúde financeira da empresa. Este departamento inclui o Controlo de Crédito, que está integrado ao CRM, sendo essencial para a gestão das relações com os clientes.

A Contabilidade é supervisionada pelo Contabilista Certificado, que colabora com uma Técnica de Contabilidade para garantir a precisão e conformidade dos registos financeiros. Ademais, há um Gestor de Produto/Pós-Venda que se ocupa da gestão dos produtos e do suporte pós-venda, assegurando a satisfação dos clientes após a compra.

O Supervisor do Departamento Técnico é responsável pela supervisão técnica geral, enquanto o Responsável de Compras cuida da aquisição de materiais e serviços necessários para as operações da empresa.

Por fim, o Supervisor de Armazém e Logística supervisiona o Balcão e um Técnico de Logística, garantindo a gestão eficiente dos armazéns e da logística, crucial para o fluxo de produtos e materiais dentro e fora da empresa.

3.1 Processo de Assistência Técnica

O departamento técnico da Zantia opera através de dois canais principais para atender solicitações: chamadas telefónicas e solicitações via o website oficial (zantia.com).



Figura 9 - Diagrama; Fonte: Autor (2025)

A solicitação através do telemóvel é realizada pelos técnicos instaladores, técnicos comerciais e clientes finais. Quando o atendimento é realizado por telemóvel pode ser recepcionado pelo engenheiro, CRM (Customer Relationship Management) ou qualquer colaborador que atenda a chamada no contacto geral da empresa em questão.

Os técnicos instaladores, que são clientes da Zantia, adquirem os equipamentos e frequentemente solicitam assistência técnica por telemóvel. Essa assistência pode envolver:

- Esclarecimento de dúvidas relacionadas à instalação de novos equipamentos.
- Solicitação de uma visita técnica para intervenção no local.

Em algumas situações, os instaladores preferem registrar solicitações diretamente no website da Zantia. Isso ocorre, por exemplo, quando o equipamento já está fora do período de garantia e o técnico instalador não tem interesse ou capacitação para realizar a manutenção.

Os técnicos comerciais, embora tenham como principal função a venda e o relacionamento com os clientes, também oferecem apoio técnico básico quando necessário. Esse apoio pode incluir visitas a obras para recolha de informações destinadas aos engenheiros.

Quadro 4 - Fluxo de atendimento da assistência técnica.

ETAPA	RESPONSÁVEL	MEIO DE CONTATO	AÇÃO
1 – REGISTO	Técnico Instalador / Cliente	telemóvel ou Website	Descreve o problema e solicita suporte
2 - TRIAGEM	CRM / Comercial	telemóvel	Filtra solicitações e encaminha para engenharia.
3 – DIAGNOSTICO REMOTO	Engenheiro / Técnico	telemóvel / RA Assist AR	Analisa o problema e tenta solucionar remotamente.
4 - DECISÃO DE DESLOCAMENTO	Engenheiro	Interno	Se necessário, agenda uma visita técnica presencial.
5 – RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	Técnico / Engenheiro	Presencial ou Remoto	Executa a solução e registra no sistema.

Fonte: Autor (2025)

Graças à mobilidade proporcionada pelos veículos empresariais, os técnicos comerciais auxiliam o departamento técnico em atividades simples, contribuindo para a satisfação do cliente. Embora não possuam formação técnica para intervenções nos equipamentos, eles recebem formação sobre o funcionamento da linha de produtos Zantia, permitindo-lhes desempenhar tarefas mais básicas com eficiência.

Normalmente, os técnicos comerciais recebem pedidos de assistência provenientes dos instaladores em seus distritos de atuação. Essas solicitações são encaminhadas aos engenheiros do departamento técnico por meio de ligações, mensagens instantâneas ou registros no website da Zantia.

O departamento atualmente possui três técnicos de engenharia, responsáveis por zonas definidas internamente, permitindo que os distritos do continente e ilhas fiquem distribuídos entre esses

colaboradores, sendo de responsabilidade atender dúvidas e apoios a clientes e comerciais das zonas em questão.

Com isso, todos respondem ao diretor do departamento que trata de situações mais burocráticas do departamento técnico, além do apoio técnico, coordena e dá suporte aos técnicos do departamento quando necessário, dando informações sobre atualizações da nova gama de produtos e diretrizes do departamento.

3.2 Diagnóstico Inicial

O departamento técnico da Zantia, apresenta desafios que são relevantes, especialmente quando estão relacionados com a qualidade do apoio técnico prestado. Apesar da experiência da equipa presente no departamento, a ausência de ferramentas avançadas limita a capacidade de resolver problemas mais complexos de forma mais rápida e com precisão, principalmente quando demanda segurança e urgência.

- **Atendimento ao Cliente:** No processo de apoio técnico o cliente não tem conhecimento completo do equipamento, logo solicita sempre uma “chamada de vídeo”, como objetivo de exibir para o departamento técnico o problema enfrentado e solicitar resolução em tempo real. No entanto, neste procedimento quando se fala em pontos de referência, a conversa A comunicação torna-se exaustiva e marcada por repetições excessivas., pois nunca se tem certeza do ponto exato em que o técnico está a se referir, causando confusão e um possível acidente, caso o cliente faça algo incorreto que não foi corretamente transmitido ou percebido na vídeo chamada.
- **Suporte para os técnicos internos:** Durante o procedimento de assistência técnica, existem intervenções que os técnicos apresentam mais dificuldades para diagnosticar e solucionar as avarias encontradas na casa do cliente final, ocasionando em atraso da intervenção. A utilização do *software* implicaria um procedimento para padronizar a solicitação de apoio ao departamento técnico, caso não fosse possível realizar o diagnóstico da máquina ou surgissem dúvidas de carácter técnico no momento da obra.
- **Deslocação da Equipa:** A redução da deslocação é outro ponto crucial. Existem situações em que não há possibilidade de ida dos técnicos, devido às longas distâncias ou disponibilidade do técnico para realizar um procedimento que pode ser feito remotamente. O uso do *software* possibilitaria aumentar a disponibilidade do técnico para tratar de outras situações poupando tempo de deslocação desnecessário, pois o cliente está a ser orientado diretamente por um especialista, que identifica os passos a

serem tomados, e para a empresa, permite a padronização na metodologia do suporte para o apoio técnico remoto, tornando os procedimentos mais uniformes.

4. Materiais e Métodos

Neste tópico apresenta-se a metodologia de trabalho e processo de escolha de uma solução AAR como opção para implementação na empresa Zantia S.A.

4.1 Soluções de RA para Manutenção Técnica

Foram verificadas as possíveis opções de soluções de RA para se implementar no departamento técnico da Zantia S.A, sendo elas:

- Vuforia chalk
- Microsoft HoloLens
- Assist AR
- Scope AR

As soluções foram avaliadas no período inicial do trabalho, com base nos critérios a seguir destacados, onde havia a atribuição de notas de 0 a 100 onde:

- Aplicabilidade no departamento técnico;
- Facilidade de uso;
- Custos da versão paga,
- Compatibilidade com *hardware* disponível na Zantia,
- Disponibilidade gratuita.

Os resultados da avaliação dos critérios são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 - Quadro Comparativa de Softwares

Cr�terios	Peso (%)	Assist AR	MS Hololens	Vuforia Chalk	Scope AR
Usabilidade	20				
Redu�o de Deslocamentos	25				
Custos da vers�o paga	15				
Compatibilidade	15				
Disponibilidade gratuita	25				

Fonte: Autor (2025)

Foram distribuídas folhas de preenchimento para o departamento técnico, para avaliar os critérios a serem avaliados de acordo com a capacidade de cada soluço.

Os critérios de preenchimento são indicados no quadro 6, que foi utilizado uma escala de *Likert* para definir os critérios de preenchimento. Estas são escalas de avalia o de satisfa o simétricas, com um ponto intermédio que   neutro.:

Quadro 6 - Rela o 0 a 100 para compara o de critérios

Cr�terios de preenchimento	descri�o dos valores
0	N�o se aplica
20	Nada satisfeito
40	Pouco satisfeito
60	Indiferente
80	Satisfeito
100	Muito satisfeito

Fonte: Autor (2025)

Durante o procedimento de avaliação foi enviado para cada um dos engenheiros técnicos do departamento, totalizando em quatro componentes, os links de acesso ao website de cada solução e o quadro de preenchimento, para assim obter uma definitiva opção de plataforma.

O quadro 5 foi preenchido consoante as informações apresentadas de cada *software* em suas respectivas plataformas online, sendo assim feita uma análise visual de todas as ferramentas que cada *software* possui, dando possibilidade de avaliar um dos mesmos como mais conveniente para se implementar. O quadro 6 possui valores de 0 para mínimo e 100 para máximo, e a cada critério com seu respectivo peso.

Após as verificações, chegou-se à conclusão de que o AAR sendo o mais bem avaliado e o Vuforia se enquadram mais na metodologia de trabalho da Zantia, pois MS Hololens e ScopeAR, necessitavam de um investimento dos óculos de visão de realidade aumentada, limitando a utilização da ferramenta durante procedimentos que só seria necessário o uso do telemóvel.

Quadro 7- Quadro comparativo final

Peso(%)	Assist AR	MS Hololens	Vuforia	Scope AR
0.2	100	60	80	80
0.25	100	40	80	60
0.15	80	40	40	40
0.15	80	40	60	40
0.25	100	20	40	40
TOTAL	94	39	61	53

Fonte: Autor (2025)

Os valores indicados na avaliação do quadro 5, não refletem qualquer avaliação voltada aos fabricantes, apenas está sendo avaliado o perfil da aplicação, com o processo interno da assistência técnica da Zantia Portugal S.A.

Comparando as duas opções mais próximas a metodologia de trabalho da empresa, o AAR, foi selecionado por apresentar uma pontuação de 94 de 100, não exigindo investimentos adicionais, como óculos de realidade aumentada, necessitando de um maior nível de requisitos para funcionamento do sistema, logo o Assist AR é mais adequado para o suporte remoto, sendo apenas necessário o uso de um smartphone, reduzindo custos operacionais facilitando a adaptação dos colaboradores e clientes com o uso do novo sistema, sendo flexível e económico essa ferramenta é mais acessível para a metodologia de trabalho da empresa.

4.2 Assist AR: Características e Aplicações

O AAR é uma solução que combina AR e conectividade remota, permitindo que técnicos em campo recebam suporte visual direto de especialistas, mesmo que estejam localizados a milhares de quilômetros de distância. A ferramenta permite a sobreposição de anotações, desenhos e outras indicações visuais na ecrã do técnico, facilitando a compreensão e execução das tarefas necessárias (TeamViewer, 2020).

Essa funcionalidade é particularmente útil em setores que exigem soluções rápidas e precisas, como a manutenção de equipamentos médicos e industriais.

De acordo com estudos, a utilização do AR melhora a eficiência das operações de manutenção, permitindo que problemas complexos sejam resolvidos com maior rapidez e precisão, o que é vital em ambientes onde o tempo de inatividade pode ter consequências significativas (Viewabo, 2021).

Além disso, a ferramenta tem sido amplamente adotada em ambientes hospitalares, onde foi usada para fornecer apoio técnico remoto durante a pandemia de COVID-19, permitindo que os técnicos mantivessem equipamentos críticos em operação sem a necessidade de contato físico, o que foi crucial para reduzir a exposição ao vírus (TeamViewer, 2020).

4.3 Benefícios do TeamViewer Assist AR na Manutenção Técnica

Os benefícios do AAR são amplos, abrangendo desde a redução de custos operacionais até a melhoria na eficiência e precisão das intervenções técnicas. Em um estudo conduzido por Viewabo (2021), foi constatado que a aplicação da RA através do AR reduziu significativamente a necessidade de deslocamento de especialistas, resultando em economias de tempo e recursos.

A ferramenta também demonstrou ser eficaz na redução de erros durante as operações de manutenção, uma vez que as instruções visuais fornecidas em tempo real ajudam a evitar mal-entendidos e a garantir que os técnicos sigam os procedimentos corretos (Meyer et al., 2021).

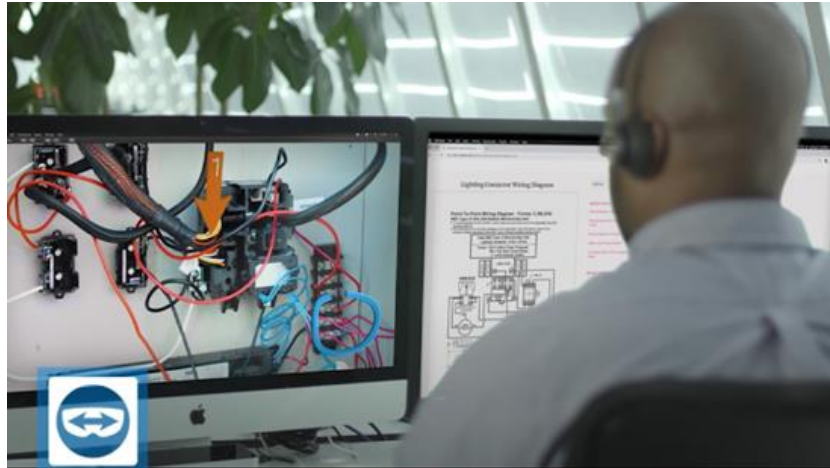


Figura 10 - Solução de problemas usando Realidade Aumentada; Fonte: TeamViewer (2023)

Outro benefício importante é a capacidade do AR de ser utilizado para a formação e desenvolvimento de técnicos em campo. Durante o uso da ferramenta, especialistas podem guiar técnicos menos experientes através de processos complexos, proporcionando um ambiente de aprendizagem interativo e prático (TeamViewer, 2019).

Esse tipo de suporte em tempo real é especialmente valioso em setores onde a segurança e a precisão são críticas, como na manutenção de sistemas de climatização ou em operações de campo de alta complexidade.

4.4 Processo de Implementação

Durante a fase inicial de análise e planejamento, tornou-se essencial identificar as principais necessidades do departamento técnico da Zantia. Foi realizado um mapeamento do processo existente de assistência técnica com o objetivo de localizar os pontos críticos e identificar oportunidades de melhoria.

- Falta de eficiência na comunicação entre técnicos de campo e suporte centralizado.
- Ausência de ferramentas que possibilitem suporte remoto efetivo.
- Dependência de deslocamentos presenciais para resolução de problemas, aumentando custos e tempo de resposta.

A partir dessas limitações, estabeleceu-se a necessidade de uma solução tecnológica para otimizar processos e melhorar a eficácia do apoio técnico.



Figura 11 - Fluxograma da implementação; Fonte: Autor (2025).

Etapa 1: Foram utilizados equipamentos já existentes no departamento com o objetivo de reduzir a necessidade de investimentos em fase inicial, usando os smartphones e desktops para utilização do *software*, a aplicação que possui em torno de 25 MB de ocupação em disco rígido, foi instalada nos equipamentos dos técnicos de engenharia. O objetivo desse primeiro passo foi facilitar a implementação da ferramenta sem necessidade de adquirir novos equipamentos.

Etapa 2: Monitorização inicial a análise em 30 dias foi necessário para verificar as dificuldades que são impostas nos dois lados de utilização, quem apresenta a instrução e quem recebe, identificando os pontos importantes para investigar, ou seja, para ter esses dados foi desenvolvido um relatório de satisfação dos utilizadores para definir os pontos fortes e fracos da aplicação em questão.

Etapa 3: Após a instalação da aplicação, foram organizadas formações nas 2 semanas finais de Dezembro de 2024, para os colaboradores responsáveis por prestar suporte através da ferramenta. Estas formações incluíram simulações de casos práticos, possibilitando uma interação direta e progressiva dos utilizadores com a tecnologia, aumentando a confiança na utilização da ferramenta.

- Realizar formações práticas com simulações de cenários reais, permitindo interação direta com a ferramenta.
- Adaptação dos treinamentos às necessidades de cada grupo.

Etapa 4: Através dos questionários de satisfação foi possível realizar ajustes e otimizações no método de utilização, garantindo que o AR se tornasse uma ferramenta mais fluida e eficiente no contexto laboral.

4.5 Desafios e Considerações na Implementação

Apesar dos inúmeros benefícios, a implementação do AR não é isenta de desafios.

Um dos principais desafios é a necessidade de uma conexão de internet estável, que é fundamental para garantir a qualidade do suporte visual em tempo real (Syberfeldt et al., 2020). Além disso, a dependência de dispositivos específicos, como smartphones com câmeras de alta qualidade ou óculos de RA, pode limitar a acessibilidade da tecnologia em alguns contextos (Viewabo, 2021).

Durante o processo de implementação, existe muita resistência em mudar a forma como assistência é realizada, tanto por parte do departamento quanto por parte da pessoa assistida.

Outra questão desafiadora é a curva de aprendizado associada ao uso de RA. Organizações que implementam o AAR precisam estar preparadas para fornecer formação adequada aos seus funcionários, garantindo que eles possam utilizar a ferramenta de maneira eficaz (Fernandes et al., 2020). Embora a adoção de RA possa representar um investimento inicial significativo, os benefícios a longo prazo, em termos de eficiência e redução de custos, tendem a superar esses desafios iniciais.

5. Discussão de Resultados

A implementação do AAR, como ferramenta padrão para apoio técnico remoto, proporcionou avanços com resultados na assistência técnica, gerando ganhos reais em eficiência na operação, reduzindo custos e aprimorando a experiência de quem utiliza a tecnologia.

Conforme o apêndice (A01), as informações lidas demonstram uma redução no tempo de execução das intervenções, conforme a figura 11, abaixo:

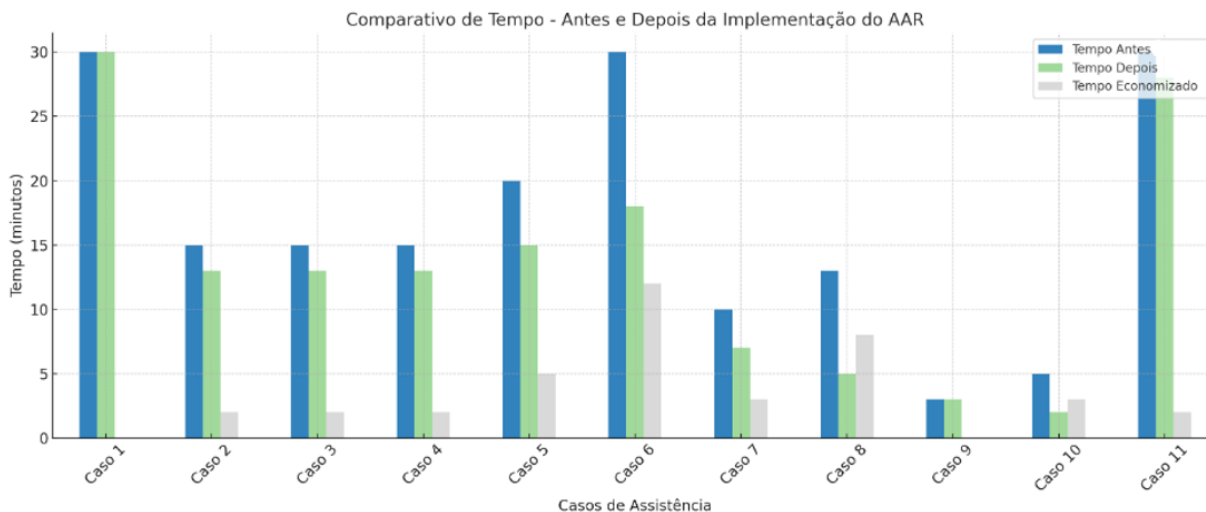


Figura 12 - Gráfico do quadro comparativo pós-implementação; Fonte Autor (2025)

Através dos dados recolhidos no A01, foi possível realizar um gráfico de colunas mostrado na Figura 12, do tempo x casos de assistência, com 3 colunas indicativas. A coluna azul, representa o tempo de ciclo da assistência no caso em específico, a coluna verde apresenta o tempo depois da implementação e a coluna cinzenta, expoe no grafico o tempo economizado em obra. Registou-se uma poupança de tempo em 9 dos 11 casos analisados. O tempo total poupado ascendeu a 39 minutos, correspondendo a uma média de 3,5 minutos por atendimento. A implementação do AAR contribuiu para uma otimização significativa do processo de suporte técnico, sem prejuízo da qualidade.

O tempo de instalação da aplicação não apresentou uma influência considerável na soma do tempo de assistência com a solução de AR. Esse resultado foi alcançado com o envio prévio de um procedimento padronizado, transmitido ao cliente por mensagem antes de qualquer intervenção. A Figura 13 apresenta uma captura de ecrã desse procedimento, tal como visualizado pelo técnico ou cliente. Esse envio antecipado permite que a assistência remota seja mais direta, iniciando apenas após a confirmação por parte do utilizador, o que reduz dúvidas e otimiza o tempo da intervenção.

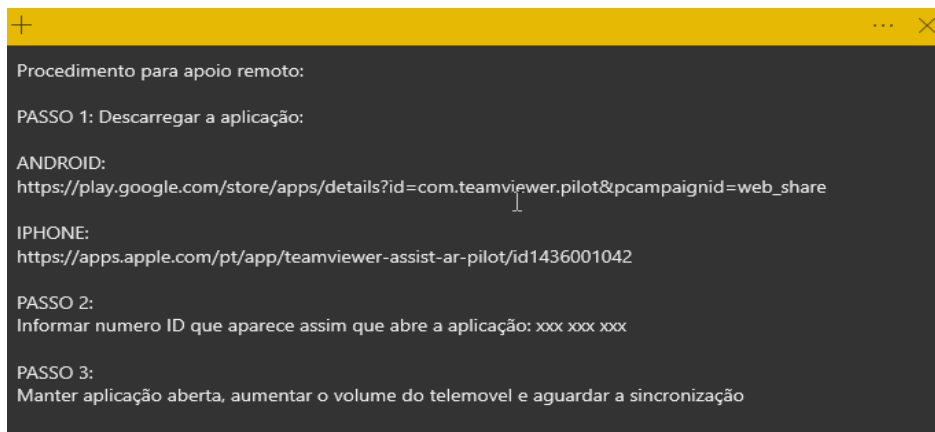


Figura 13 - Captura de ecrã do procedimento pré-assistência remota, enviado ao cliente antes da intervenção; Fonte: Autor (2025)

No entanto, desafios foram identificados, tanto técnicos quanto organizacionais, exigindo uma metodologia para o uso da tecnologia de RA. Nos próximos parágrafos são descritas os principais impactos e desafios observados na investigação.

5.2 Impacto na Eficiência Operacional

Com a utilização do AAR foram reduzidas as deslocações desnecessárias ou até anulada a necessidade de deslocação até a casa do cliente, reduzindo o tempo de resposta às falhas operacionais. Antes da utilização do AR, o diagnóstico e correções exigiam demasiado tempo conforme mostra o apêndice (A01), para serem percebidas e resolvidas, além disso necessitava de um profissional experiente a deslocar até o local da intervenção, sendo feito por outro profissional mais disponível. Aumentando a disponibilidade do técnico e deixando o cliente satisfeito.

Pode ser observado na figura 12, que houve reduções no tempo das intervenções, tornando-as mais precisas, evitando também muitas vezes o retrabalho nas intervenções que acontecem por falta de clareza, algo que não existe na utilização do *software* AAR, sendo interativo. Com isso é possível perceber que o papel da digitalização é evidente no processo de assistência, otimizando os processos com precisão.

5.3 Desafios e limitações da implementação

Mesmo existindo diversos benefícios com a utilização da aplicação, alguns desafios precisaram ser enfrentados. Um dos principais foi a dificuldade que os técnicos instaladores possuem em instalar e sincronizar no primeiro uso, tornando esse processo difícil ou às vezes inviável, devido a necessidade do suporte imediato. Outro entrave existente é a necessidade de rede estável, que limita

o uso dessa solução. Em situações em que o equipamento está instalado em uma cave ou local sem acesso a rede, anula a possibilidade do apoio remoto.

Outro fator relevante na utilização dessa nova tecnologia, foi a resistência ao uso, pois uma boa parte dos técnicos instaladores, que trabalham no setor de climatização não possuem facilidade no uso de telemóveis inteligentes, tornando impossível a utilização da ferramenta com esses tipos profissionais.

E por fim, a variedade de produtos que a empresa vende e presta serviço de suporte dificulta a utilização do *software* em todas as situações que necessitam um apoio remoto, não anulando a utilização do telemóvel, por exemplo uma ligação apenas em áudio, permite a indicação de uma resolução sem necessidade do recurso visual. tornando a solução necessária em casos específicos.

5.4 Percepção dos colaboradores

O feedback foi positivo, conforme se pode observar nos Anexos 2 a 6, conforme as fichas que foram preenchidas e estão disponíveis nos anexos, houve indicações de que existe muita facilidade na utilização do AR. Os dados recolhidos informam que os técnicos menos experientes conseguiram executar tarefas com mais precisão e segurança recebendo uma instrução em tempo real.

6. Conclusão

A análise crítica indica que a implementação do AAR trouxe avanços significativos para a assistência técnica da Zantia Portugal S.A., tornando possível o apoio remoto com mais clareza e segurança, apesar dos desafios enfrentados na adaptação os benefícios superam as limitações, tornando a alternativa viável quando necessitada, otimizando sempre que possível a forma de realizar o apoio técnico.

Os resultados obtidos ao longo da implementação da solução de Realidade Aumentada na Zantia S.A. demonstraram melhorias significativas na eficiência operacional, com destaque para a redução do tempo médio de execução das intervenções técnicas, conforme evidenciado nos quadros comparativos. Dessa forma, os dados recolhidos e analisados ao longo deste estudo sustentam a hipótese formulada na introdução: a utilização da Realidade Aumentada, quando devidamente implementada, contribui positivamente para a otimização dos processos de manutenção e assistência técnica, sobretudo no que se refere ao tempo de execução e à qualidade da resposta técnica.

Para além da sua utilidade prática, esta investigação também se revelou relevante no plano científico, pois contribui para suprir uma lacuna existente na literatura sobre o impacto da Realidade Aumentada no desempenho operacional dos serviços de manutenção e assistência técnica de pequenos equipamentos de conforto térmico, ampliando o conhecimento na área da gestão industrial.

A presente investigação fez a utilização da solução no modo gratuito, sem investimentos adicionais com a finalidade de apenas experimentar o sistema, porém a intenção é passar para a funcionalidade paga, que possui outras ferramentas de interação que tornam o ambiente ainda mais interativo e profissional.

Com base no estudo propõe o estudo da viabilidade de expansão do uso do AAR para outros setores além da assistência técnica, como treinamentos, manutenção preventiva e suporte em campo, com o intuito de ampliar os benefícios dessa tecnologia em diferentes operações empresariais.

Por fim, recomenda-se a execução de testes em larga escala e estudos comparativos em distintas regiões e segmentos de mercado, a fim de validar a escalabilidade da solução e identificar eventuais adaptações necessárias para diferentes realidades organizacionais e culturais.

7. Referências Bibliográficas

Cardoso, L. F. de Souza; Mariano, F. C. M. Q.; Zorzal, E. R. A survey of industrial augmented reality. *Computers & Industrial Engineering*, v. 139, 2020.

Lambrecht, J.; Kastner, L.; Guhl, J.; Kruger, J. Towards commissioning, resilience and added value of augmented reality in robotics: Overcoming technical obstacles to industrial applicability. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Berlin, Germany. v. 71, 2021.

Masood, T.; Egger, J. Augmented reality in support of Industry 4.0: Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 58, pp. 181–195, 2019.

Mourtzis, D.; Angelopoulos, J.; Panopoulos, N. A framework for automatic generation of augmented reality maintenance & repair instructions based on convolutional neural networks. *Procedia CIRP*, v. 93, pp. 977–982, 2020.

Pilati, Francesco; Faccio, Maurizio; Gamberi, Mauro; Regattieri, Alberto. Learning manual assembly through real-time motion capture for operator training with augmented reality. *Procedia Manufacturing*. Trento, Italy, pp. 189–195, abr. 2020.

Santos, B. P.; Alberto, A.; Lima, T. D. F. M. A. A.; Charrua-Santos, F. M. B. Indústria 4.0: Desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 4(1), pp. 111–124, 2018.

Schuster, F.; Engelmann, B.; Sponholz, U.; Schmitt, J. Human acceptance evaluation of AR-assisted assembly scenarios. *Journal of Manufacturing Systems*, Schweinfurt, Germany, dez. 2020.

Parlamento Europeu. (2020). Taxonomia da UE: investimento verdes para promover financiamento sustentável.[Online] Available at https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/6/story/20200604STO80509/20200604STO80509_pt.pdf

KPMG Portugal. 2024. A nova diretiva sobre o relato de sustentabilidade das empresas (CSRD). [Online] Available at <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pt/pdf/pt-csrd-diretiva-sustentabilidade-empresas.pdf>

Comissão Europeia. 2024 *Corporate Sustainability Reporting*. [Online] Available at https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

PWC Portugal . 2024. SDFR: Regulamento de divulgação em finanças sustentáveis. [Online] Available at

<https://www.pwc.pt/pt/temas-actuais/sfdr-regulamento-divulgacao-financas-sustentaveis.html#:~:text=O%20SFDR%20pretende%20garantir%20uma,assim%2C%20para%20uma%20tomada%20de>

Valle, R.;Pinheiro, B.;Bizello, G.;Moraes, J. Forno.Realidade Aumentada aplicada na indústria: uma análise na literatura sobre aplicações, benefícios e desafios. *CONBREPRO*. dez.2021

Organização das Nações Unidas. Transformando o nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Resolução A/RES/70/1 [internet]. Nova Iorque: UN; 2015.

Fagbamigbe.Omon Stellamaris. 2023. Augmented Reality and Sustainable Behaviour Change: A socio-technical perspective. <https://ceur-ws.org/Vol-3598/paper1.pdf>

Wang X. Augmented Reality in Architecture and Design: Potentials and Challenges for Application. <http://dx.doi.org/10.1260/147807709788921985> [Internet]. 2009: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/147807709788921985>

Lampropoulos G, Keramopoulos E, Diamantaras K. Semantically Enriched Augmented Reality Applications: A Proposed System Architecture and a Case Study. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)* [Internet]. 2022. Available from: <https://online-journals.org/index.php/ijes/article/view/27463>

Green City Times. 2023. How augmented reality improves sustainability.[Online] Available at <https://www.greencitytimes.com/augmented-reality-improves-sustainability/>

U.S. Government Accountability Office. (2023). IMMERSIVE TECHNOLOGIES Most Civilian Agencies Are Using or Plan to Use Augmented Reality, Virtual Reality, and More.[Online] Available at <https://www.gao.gov/assets/gao-24-106665.pdf>

Fórum Econômico Mundial. (2024). Global Collaboration Village. [Online] Available at <https://www.globalcollaborationvillage.org/home>

Fórum Econômico Mundial. (2024). RE technologies are redefining business and climate strategies.[Online]

Teamviewer. (2024). Manutenção remota Visualize, diagnostique e conserte seus dispositivos de qualquer lugar. [Online] Available at <https://www.teamviewer.com/pt-br/solutions/use-cases/remote-maintenance/>

Hipólito. V.S.S (2019) Realidade Aumentada e o Desenvolvimento do Relacionamento do Consumidor Marca. Lisbon School of Economics & Management. Universidade de Lisboa. <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/>

Fernandes, C.I.T (2020) Realidade virtual e realidade aumentada na gestão e desenvolvimento de recursos humanos. Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto Politécnico do Porto. <http://hdl.handle.net/10400.22/17344>

Bosch Software Technologies (2024) AR/VR Solutions for industrial applications.[Online] Available at https://www.bosch-softwaretechnologies.com/media/images/products/digital/ar_vr/ar_vr_solution.pdf

TeamViewer. (2024) Frontline: Industrial augmented reality solutions. [Online] Available at <https://www.teamviewer.com/pt-br/products/frontline/>

PTC.(nd). Vuforia Studio. <https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-studio>

Marques, Luís (2011). Avaliação Técnico-Económica de Sistemas de AVA. Dissertação de Mestrado. ISEC 2011.

Roxo, C.F.C (2021) Relatório de Estágio: Instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) . ISEC Engenharia. Instituto Superior de Coimbra.

ACR Latinoamérica. (2023). Análise técnica sobre eficiência energética em sistemas HVAC-R. [Online] Available at <https://www.acrlatinoamerica.com/2023091919412/articulos/otros-enfoques/analisis-tecnico-sobre-eficiencia-energetica-en-sistemas-hvac-r.html>

Aquarius Software. (2023). Aplicações de realidade aumentada na indústria. [Online] Available at <https://www.aquarius.com.br/realidade-aumentada-na-industria-conheca-as-aplicacoes/>

Santana, J. G. Nascimento, D. R. (2024). ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO: OTIMIZANDO CUSTOS E AUMENTANDO A EFICIÊNCIA OPERACIONAL. *REVISTA FOCO*, 17(10), e 6134. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-014>

Bosch. (2020). Condensing boiler technology. Bosch Thermotechnology. [Online] Available at <https://www.bosch-thermotechnology.com>

Campara, R., Silva, J., & Oliveira, T. (2021). Aplicação da Realidade Aumentada na Indústria 4.0. *Journal of Industrial Technology*, 15(3), 27-35.

Carbon Trust. (2012). Heating systems guide: Condensing boilers. The Carbon Trust. [Online] Available at <https://www.carbontrust.com/resources/heating-systems-guide>

Energy Saving Trust. (2016). Domestic heating by gas: Boiler systems - guidance for installers and specifiers. [Online] Available at <https://energysavingtrust.org.uk/advice/boilers/>

Fernandes, R., Santos, P., & Costa, M. (2020). Enhancing field service efficiency through augmented reality and remote assistance: The role of TeamViewer Pilot. *International Journal of Engineering Business Management*, 12, 1-10. <https://doi.org/10.1177/1847979020904584>

Grundfos. (2020). Pumps for heating and hot water applications. Grundfos. [Online] Available at <https://www.grundfos.com>

Hassan, M., & Lee, K. H. (2021). Smart control of HVAC systems using machine learning techniques. *Applied Energy*, 293, 116931. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116931>

Justimiano, S., Gomes, R., Simões da Motta, G., & Sementille, A. (2021). Aplicação da Realidade Aumentada na manutenção de caldeiras: Um estudo de caso. *Journal of Maintenance and Technology*, 15(3), 245-260. <https://doi.org/10.1016/j.mainttech.2021.03.004>

Karki, S., & Porras, J. (2021). Maintenance Evolution: From Reactive to Proactive Approaches. *Maintenance Journal*, 7(1), 50-65.

Kim, D., & Park, J. (2021). Zonal HVAC systems: Energy and cost performance analysis in commercial buildings. *Energy and Buildings*, 252, 111456. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111456>

Marques, A., Costa, P., & Lima, F. (2018). Realidade Aumentada na Manutenção Industrial. *International Journal of Industrial Engineering*, 12(4), 122-131.

Tavares, J. (2022). Desempenho energético de sistemas AVAC de um edifício. Universidade do Porto. https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/26857/1/Tese_5414_v3.pdf

Oliveira, P., & Costa, L. (2023). Tecnologias emergentes nos sistemas AVAC. Ordem dos Engenheiros. https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/dossiers/climatizacao/jose_luis_alexandre.pdf

Mekni, M., & Lemieux, A. (2021). Augmented reality: Applications, challenges and future trends. *Applied Sciences*, 11(12), 5675. <https://doi.org/10.3390/app11125675>

Meyer, R., Breitenbach, S., & Winter, M. (2021). Remote Maintenance with Augmented Reality: Case Study of the Application of TeamViewer Pilot in Industrial Settings. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(7), 1351-1364. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2020-0103>

Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Butterworth-Heinemann.

- Morawska, L., Tang, J. W., & Bahnfleth, W. (2021). How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International*, 142, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2017). Why every organization needs an augmented reality strategy. *Harvard Business Review*, 95(6), 46-57. <https://hbr.org/2017/11/why-every-organization-needs-an-augmented-reality-strategy>
- Rokhsaritalemi, S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2020). A review on mixed reality: Current trends, challenges, and prospects. *Applied Sciences*, 10(2), 636. <https://doi.org/10.3390/app10020636>
- Siemens. (2021). Boiler control solutions. Siemens Building Technologies. [Online] Available at <https://new.siemens.com/global/en/products/buildingtechnologies/hvac/boiler-control.html>
- Stultz, S. C., & Kitto, J. B. (2005). *Steam: Its generation and use* (41st ed.). Babcock & Wilcox.
- Syberfeldt, A., Holm, M., Wang, L., & Liu, X. (2020). Augmented reality for smart manufacturing: Exploring workers' experiences. *Journal of Manufacturing Systems*, 55, 331-341. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.04.008>
- Tang, X., Yan, X., & Qian, Y. (2020). The application of augmented reality technology in construction machinery operation and maintenance. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118805>
- TeamViewer. (2020). TeamViewer Provides Healthcare Organizations Free Pilot Augmented Reality Mobile Support App During COVID-19 Pandemic. [Online] Available at <https://www.teamviewer.com>
- TeamViewer. (2023). TeamViewer Assist AR - Solução de problemas cotidianos remotamente usando Realidade Aumentada. [Online] Available at <https://www.teamviewer.com>
- Vaillant Group. (2021). Condensing technology for high efficiency heating. Vaillant. [Online] Available at <https://www.vaillant.co.uk/for-installers/products/boilers/condensing-technology/>
- VanWormer, S. (2019). *Boiler operation principles*. Elsevier.
- Vaz Produções. (2023). Ambiente de realidade misturada. [Online] Available at <https://vazproducoes.com/o-que-e-realidade-mista/>
- Zantia. (2023). Caldeira Roma. Editada por Vinicius Bastos, 2024. [Online] Available at <https://www.zantia.com>
- Zantia. (2023). Organograma. [Online] Available at <https://www.zantia.com>
- Zantia. (2023). Recuperador de Fluxos Cruzados Horizontal. [Online] Available at <https://www.zantia.com>
- Zantia. (2023). Sede da Zantia. [Online] Available at <https://www.zantia.com>
- Zhang, T., & Yang, Z. (2019). Advances in HVAC Systems: A Review of Recent Research. *Building and Environment*, 148, 15-29. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.020>
- Riccardo Masoni, Francesco Ferrise, Monica Bordegoni, Michele Gattullo, Antonio E. Uva, Michele Fiorentino, Ernesto Carrabba, Michele Di Donato, Supporting Remote Maintenance in Industry 4.0 through Augmented Reality, *Procedia Manufacturing*, Volume 11, 2017, Pages 1296-1302, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.257>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304651>
- Mourtzis, D., Siatras, V., & Angelopoulos, J. (2020). Real-Time Remote Maintenance Support Based on Augmented Reality (AR). *Applied Sciences*, 10(5), 1855. <https://doi.org/10.3390/app10051855>

ReportLinker (2024) Metaverse market trends and analysis.

Economist Intelligence Unit. (2021). The next phase of the internet: The metaverse.

Cruz P.P. & Figueroa F.D.R (2010). Intelligent control systems with Labview® ,1ª edição Springer, ISBN 978-1-84882-683-0, Cidade do México, México

Teles, Ana Carlota Castro (2020). Impacto das barreiras à digitalização na adoção de tecnologias digitais nas empresas portuguesas. Universidade do Minho.
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/85843>

Ramos, P.G.D. (2012). Organização e gestão da manutenção industrial: aplicação teórico-prática às Fábricas Lusitana - Produtos Alimentares, S.A. [Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior] https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2439/1/Tese_PedroRamos_M3905.pdf

Oliveira, Mara Angelo Higueiro (2021). Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e Digitalização de um Processo de Controlo de Produção. Universidade Nova de Lisboa.
<https://run.unl.pt/handle/10362/151406>

Pedro, João Luís Monteiro Ruivo (2002). Terologia Aplicada Aos Sistemas AVAC. Faculdade de Engenharia do Porto.

OMaia, Derzu; Machado. Liliane S. (2020). Realidade Aumentada com Vuforia e Unity. Universidade Federal da Paraíba.

https://www.researchgate.net/publication/371692589_Metaverse_and_its_impact_on_industry

<https://www.siemens.com/global/en/company/digital-transformation/industrial-metaverse/the-emergent-industrial-metaverse.html>

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:e36f2de7-f3c4-481f-bb20-9791dc12bbec/the-emergent-industrial-metaverse-update-2024.pdf>

https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/51014/1/MetaversoMundoJuridico_Duarte_2022.pdf

<https://www.mmtec.com.br/impacto-do-metaverso-na-manutencao-preditiva/>

<https://blogs.nvidia.com/blog/siemens-energy-nvidia-industrial-digital-twin-power-plant-omniverse/>

<https://acertte.org/acertte/article/view/62/44>

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/39274/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Iildebrondy%20Correia_2015.pdf

<https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-a-evolucao-da-manutencao-preditiva.html>

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/39274/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Idebro%20Correia_2015.pdf

<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/62928/1/HELIO+PEREIRA+DA+COSTA.pdf>

<https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10451/22962>

<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/81068/1/Bruno%20Daniel%20ribeiro%20Nunes.pdf>

<https://www.revistamanutencao.pt/destaque/a-realidade-aumentada-manutencao/>

<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/39038/1/Relatorio%20%281%29.pdf>

https://sweet.ua.pt/paulo.dias/Papers/2018/INForum_AR_Manutencao.pdf

<https://www.edp.com/pt-pt/inovacao/wearables-realidade-aumentada>

<https://www.latamairlines.com/br/pt/imprensa/noticias/latam-pioneira-oculos-realidade-aumentada>

8. Apêndices

A01 – Quadro comparativo pós-implementação

	USUÁRIO	DATA	EQUIPAMENTO	PROBLEMA	METODO	TEMPO DE INSTALAÇÃO(MIN.)	TEMPO DE ASSISTENCIA(MIN.)	TEMPO PADRÃO (MIN.)	RESULTADO	OBSERVAÇÕES
1	COMERCIAL BRAGA	11/nov	BATERIA FOTOVOLTAICO	DESMONTAGEM E TRANSPORTE	ASSISTAR	3	10	20	OK	Cliente não apresentou dificuldades no uso, resultado satisfatório. Feedback positivo conforme
2	TECNICO INSTALADOR	14/nov	CONTROLADOR SOLAR	APOIO NA INSTALAÇÃO	ASSISTAR	2	3	10	OK	Cliente não apresentou dificuldades no uso, resultado satisfatório. Feedback positivo conforme
3	CLIENTE FINAL	15/nov	CALDEIRA A GÁS	FALTA DE PRESSÃO	ASSISTAR	3	3	15	OK	Antes levava muito tempo para identificar e saber como regular a válvula de enchimento. Logo posso iniciar o giro da válvula e a posição do manômetro de pressão.
4	COMERCIAL ALGARVE	19/nov	BOMBA DE CALOR	VERIFICAÇÃO DE SWITCH ELIGACÕES	ASSISTAR	2	10	20	OK	Apoio rápido para verificar dados
5	CLIENTE FINAL	20/nov	SALAMANDRA PELLET	SUBSTITUIÇÃO DA PLACA ELETRONICA	ASSISTAR	0	5	15	OK	Apoio rápido para verificar dados
6	COMERCIAL	21/nov	BOMBA DE CALOR	CORREÇÃO DE FALHAS	ASSISTAR	0	13	30	OK	Comercial executou mudanças nos parâmetros conforme solicitado, e recebeu formação bem como o cliente final também pode participar.
7	COMERCIAL VISEU	25/nov	INVERSOR FOTOVOLTAICO	ARRANQUE NOVO MODELO INVERSOR	ASSISTAR	1	5	10	OK	Comercial possui facilidade com tecnologias, possibilitando o uso fluído da solução. (sem medidor de corrente)
8	TECNICO INSTALADOR	26/nov	BOMBA A.O.S.	ALTERAÇÃO DE PARÂMETROS	ASSISTAR	2	3	15	OK	Foi alterado os parâmetros da bomba com facilidade, indicando comandos sequenciais para acessar os parâmetros e alterá-los.
9	CLIENTE FINAL	28/nov	BOMBA DE CALOR	PARAMETRIZAÇÃO	ASSISTAR	0	13	30	OK	Instalação prévia, o equipamento foi parametrizado com apoio remoto da aplicação, feedback positivo.
10	TECNICO INSTALADOR	03/dez	INVERSOR FOTOVOLTAICO	INSTALAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO	ASSISTAR	0	38	60	OK	Instalação prévia, com precisão, foi possível configurar o telamovel da cliente e realizar todo o processo de forma enxuta.
11	ENGENHEIRO INTERNO	05/dez	INVERSOR FOTOVOLTAICO	CONFIGURAÇÃO	ASSISTAR	0	2	5	OK	Apoio rápido para verificar dados
11	TECNICO INSTALADOR	10/dez	BOMBA DE CALOR	PARAMETRIZAÇÃO	ASSISTAR	3	25	30	OK	Pouco conhecimento na utilização de smartphones

A02 – Modelo do questionário de satisfação

1. Avaliação Geral

1.1. Como você avalia a facilidade de uso do aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST?

- Muito fácil
- Fácil
- Neutro
- Difícil
- Muito difícil

1.2. O aplicativo atendeu às suas expectativas para suporte técnico remoto?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2. Funcionalidades

2.1. As funcionalidades do aplicativo são adequadas às suas necessidades?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2.2. Quais funcionalidades você considera mais úteis?

2.3. Existem funcionalidades que você considera desnecessárias ou pouco úteis?

3. Desempenho

3.1. Como você avalia o desempenho do aplicativo em termos de velocidade e estabilidade?

- Excelente
- Bom
- Neutro
- Ruim
- Péssimo

3.2. Você encontrou problemas técnicos ao utilizar o aplicativo? Se sim, descreva-os.

4. Impacto no Trabalho

4.1. O uso do aplicativo contribuiu para melhorar a eficiência no seu trabalho?

- Sim, significativamente
- Um pouco
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

4.2. O aplicativo facilita a comunicação e colaboração com outros membros da equipe?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

5. Sugestões e Comentários

5.1. Quais sugestões você daria para melhorar o aplicativo?

5.2. Outras observações ou comentários:

A03 – Questionário de satisfação departamento técnico.

RAFAEL

Questionário de Satisfação - TEAM VIEW AR ASSIST

Prezado(a) colaborador(a),

A Zantia Portugal S.A. está empenhada em melhorar continuamente os processos e ferramentas utilizados no departamento técnico. Utilizamos o aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST para facilitar o processo de assistência por videochamada, utilizando a realidade aumentada para identificar objetos, auxiliar e simplificar os procedimentos. Solicitamos sua colaboração para avaliar a utilização deste aplicativo.

Sua opinião é essencial para identificar oportunidades de melhoria e garantir que a ferramenta atenda às necessidades da nossa equipe.

Por favor, responda ao questionário abaixo com sinceridade. Agradecemos a sua participação!

1. Avaliação Geral

1.1. Como você avalia a facilidade de uso do aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST?

- Muito fácil
- Fácil
- Neutro
- Difícil
- Muito difícil

1.2. O aplicativo atendeu às suas expectativas para suporte técnico remoto?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2. Funcionalidades

2.1. As funcionalidades do aplicativo são adequadas às suas necessidades?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2.2. Quais funcionalidades você considera mais úteis?

Podem visualizar o local onde ~~estão~~ o técnico quem que use.

2.3. Existem funcionalidades que você considera desnecessárias ou pouco úteis?

Não por isso

3. Desempenho

3.1. Como você avalia o desempenho do aplicativo em termos de velocidade e estabilidade?

- Excelente
- Bom
- Neutro
- Ruim
- Péssimo

3.2. Você encontrou problemas técnicos ao utilizar o aplicativo? Se sim, descreva-os.

Podem ser um pouco lentos dependendo da versão e tipo de telemóvel

4. Impacto no Trabalho

4.1. O uso do aplicativo contribuiu para melhorar a eficiência no seu trabalho?

- Sim, significativamente
- Um pouco
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

4.2. O aplicativo facilita a comunicação e colaboração com outros membros da equipe?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

5. Sugestões e Comentários

5.1. Quais sugestões você daria para melhorar o aplicativo?

Mais aplicabilidade, mais funções

5.2. Outras observações ou comentários:

A04 – Questionário de satisfação técnico comercial.

Rui MARTINS

Questionário de Satisfação - TEAM VIEW AR ASSIST

Prezado(a) colaborador(a),

A Zantia Portugal S.A. está empenhada em melhorar continuamente os processos e ferramentas utilizados no departamento técnico. Utilizamos o aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST para facilitar o processo de assistência por videochamada, utilizando a realidade aumentada para identificar objetos, auxiliar e simplificar os procedimentos. Solicitamos sua colaboração para avaliar a utilização deste aplicativo.

Sua opinião é essencial para identificar oportunidades de melhoria e garantir que a ferramenta atenda às necessidades da nossa equipe.

Por favor, responda ao questionário abaixo com sinceridade. Agradecemos a sua participação!

1. Avaliação Geral

1.1. Como você avalia a facilidade de uso do aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST?

- Muito fácil
- Fácil
- Neutro
- Difícil
- Muito difícil

1.2. O aplicativo atendeu às suas expectativas para suporte técnico remoto?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2. Funcionalidades

2.1. As funcionalidades do aplicativo são adequadas às suas necessidades?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2.2. Quais funcionalidades você considera mais úteis?

Desenhar, Colocar setas, outros

2.3. Existem funcionalidades que você considera desnecessárias ou pouco úteis?

N/A

3. Desempenho

3.1. Como você avalia o desempenho do aplicativo em termos de velocidade e estabilidade?

- Excelente
 Bom
 Neutro
 Ruim
 Péssimo

3.2. Você encontrou problemas técnicos ao utilizar o aplicativo? Se sim, descreva-os.

Sem problemas.

4. Impacto no Trabalho

4.1. O uso do aplicativo contribuiu para melhorar a eficiência no seu trabalho?

- Sim, significativamente
 Um pouco
 Neutro
 Não muito
 Não, de forma alguma

4.2. O aplicativo facilita a comunicação e colaboração com outros membros da equipe?

- Sim, totalmente
 Parcialmente
 Neutro
 Não muito
 Não, de forma alguma

5. Sugestões e Comentários

5.1. Quais sugestões você daria para melhorar o aplicativo?

///

5.2. Outras observações ou comentários:

///

A05 – Questionário de satisfação técnico comercial.

RICARDO FONS.

Questionário de Satisfação - TEAM VIEW AR ASSIST

Prezado(a) colaborador(a),

A Zantia Portugal S.A. está empenhada em melhorar continuamente os processos e ferramentas utilizados no departamento técnico. Utilizamos o aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST para facilitar o processo de assistência por videochamada, utilizando a realidade aumentada para identificar objetos, auxiliar e simplificar os procedimentos. Solicitamos sua colaboração para avaliar a utilização deste aplicativo.

Sua opinião é essencial para identificar oportunidades de melhoria e garantir que a ferramenta atenda às necessidades da nossa equipe.

Por favor, responda ao questionário abaixo com sinceridade. Agradecemos a sua participação!

1. Avaliação Geral

1.1. Como você avalia a facilidade de uso do aplicativo TEAM VIEW AR ASSIST?

- Muito fácil
- Fácil
- Neutro
- Difícil
- Muito difícil

1.2. O aplicativo atendeu às suas expectativas para suporte técnico remoto?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2. Funcionalidades

2.1. As funcionalidades do aplicativo são adequadas às suas necessidades?

- Sim, totalmente
- Parcialmente
- Neutro
- Não muito
- Não, de forma alguma

2.2. Quais funcionalidades você considera mais úteis?

TEN APOIO NA HORA NA LOCAL E VELETI O MESMO QUE EU

2.3. Existem funcionalidades que você considera desnecessárias ou pouco úteis?

NENHUMA

3. Desempenho

3.1. Como você avalia o desempenho do aplicativo em termos de velocidade e estabilidade?

- Excelente
 Bom
 Neutro
 Ruim
 Péssimo

3.2. Você encontrou problemas técnicos ao utilizar o aplicativo? Se sim, descreva-os.

NA COMPATIBILIDADE COM DISPOSITIVOS + ANTIGOS

4. Impacto no Trabalho

4.1. O uso do aplicativo contribuiu para melhorar a eficiência no seu trabalho?

- Sim, significativamente
 Um pouco
 Neutro
 Não muito
 Não, de forma alguma

4.2. O aplicativo facilita a comunicação e colaboração com outros membros da equipe?

- Sim, totalmente
 Parcialmente
 Neutro
 Não muito
 Não, de forma alguma

5. Sugestões e Comentários

5.1. Quais sugestões você daria para melhorar o aplicativo?

SEJA COMPATÍVEL COM DISPOSITIVOS + ANTIGOS

5.2. Outras observações ou comentários:

A06 – Questionários de satisfação respondidos por mensagem.

Eduardo cunha – comercial

Questionário de satisfação respondido por mensagem.

1.1 Muito fácil - 1.2 Sim - 2.1 Sim - 2.2 Explicação gráfica e visual durante a video chamada. - 2.3 Não - 3.1 Bom - 4.1 Sim - 4.2 Sim - 5.1 Neste primeiro contacto não tenho, para já nenhuma sugestão a indicar. - 5.2 Bastante útil, dinâmica visual bastante agradável. Indicação por parte do técnico com sinalética e desenho no local do comando onde devemos intervencionar. Resolução da avaria em direto e até de maior facilidade e compreensão do problema da parte do técnico

Técnico instalador

Questionário de satisfação respondido por mensagem.

1.1 Muito fácil - Sim - Sim - partilhamento de tela e anotações em tempo real. - Não - Excelente - Sim - Sim - Ainda não tenho sugestões. - Aplicativo intuitivo, facilita a comunicação e resolução de problemas rapidamente.

Cliente final

Questionário de satisfação respondido por mensagem.

Fácil - Sim - Parcialmente - Interação em tempo real com gestos. - Não - Bom - Sim - Sim - Poderia ter mais opções de personalização na interface. - A qualidade do vídeo é muito boa, ajuda bastante na identificação do problema.

Técnico instalador

Questionário de satisfação respondido por mensagem.

Muito fácil - Sim - Sim - Funcionalidade de zoom e marcação na tela. - Não - Excelente - Sim - Sim - Nenhuma sugestão no momento. - Ferramenta ágil e eficaz, economiza tempo e melhora a compreensão das instruções.

A07 – Quadro Comparativo de *Softwares* 1

Avaliado por **Rafael Rodrigues**

Critérios	Peso (%)	TeamViewer	MS Hololens	Vulforia Chalk	Scope AR
Aplicabilidade no departamento técnico	20	80	80	60	80
Facilidade no uso	25	100	80	100	80
Investimentos adicionais	15	80	40	40	40
Compatibilidade com <i>hardware</i> disponível	15	60	60	80	60
Disponibilidade gratuita	25	100	20	20	20

Os critérios são indicados no quadro abaixo:

Critérios de preenchimento	descrição dos valores
0	Não se aplica
20	Nada satisfeito

40	Pouco satisfeito
60	Indiferente
80	Satisfeito
100	Muito satisfeito

Links dos *softwares* para o quadro comparativo:

Vuforia

<https://www.ptc.com/en/products/vuforia>

AR

ASSIST

<https://www.teamviewer.com/pt/products/remote/solutions/remote-ar-assistance/>

ms hololens

<https://www.plainconcepts.com/microsoft-hololens/>

SCOPE

AR

<https://www.scopear.com/product>

A08 – Quadro Comparativa de *Softwares* 2

Avaliado por **José Bento**

Critérios	Peso (%)	TeamViewer	MS Hololens	Vulforia Chalk	Scope AR
Aplicabilidade no departamento técnico	20	100	40	80	60
Facilidade no uso	25	80	40	80	40
Investimentos adicionais	15	80	40	40	20
Compatibilidade com <i>hardware</i> disponível	15	100	40	40	40
Disponibilidade gratuita	25	80	40	40	40

Os critérios são indicados na quadro abaixo:

Critérios de preenchimento	descrição dos valores
0	Não se aplica
20	Nada satisfeito

40	Pouco satisfeito
60	Indiferente
80	Satisfeito
100	Muito satisfeito

Links dos *softwares* para quadro comparativa:

Vuforia

<https://www.ptc.com/en/products/vuforia>

ARASSIST

<https://www.teamviewer.com/pt/products/remote/solutions/remote-ar-assistance/>

ms hololens

<https://www.plainconcepts.com/microsoft-hololens/>

SCOPEAR

<https://www.scopear.com/product>

A09 – Quadro Comparativa de *Softwares* 3

Avaliado por **Vinicius Bastos**

Critérios	Peso (%)	TeamViewer	MS Hololens	Vulforia Chalk	Scope AR
Aplicabilidade no departamento técnico	20	100	80	100	80
Facilidade no uso	25	100	20	40	50
Investimentos adicionais	15	80	40	60	40
Compatibilidade com <i>hardware</i> disponível	15	80	20	60	20
Disponibilidade gratuita	25	100	0	60	60

Os critérios são indicados no quadro abaixo:

Critérios de preenchimento	descrição dos valores
0	Não se aplica

20	Nada satisfeito
40	Pouco satisfeito
60	Indiferente
80	Satisfeito
100	Muito satisfeito

Links dos *softwares* para o quadro comparativo:

Vuforia

<https://www.ptc.com/en/products/vuforia>

AR ASSIST

<https://www.teamviewer.com/pt/products/remote/solutions/remote-ar-assistance/>

ms hololens

<https://www.plainconcepts.com/microsoft-hololens/>

SCOPEAR

<https://www.scopear.com/product>