

NACIONALGÁS 

BRASILGÁS 

PARAGÁS 



INTEGRAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA PARA GESTÃO TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS

FORTALEZA
2025

DADOS DO CASE

Categoria:

Gestão

Autores:

- Wildenbergery Pereira Lucas - Nacional Gás.
Contatos: wildenbergery.lucas@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Arlei Andrade da Silva - Nacional Gás.
Contatos: arlei.silva@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Francisco Jackson de Sousa Forte - Nacional Gás.
Contatos: jackson.forte@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Nayara Ketylla Evangelista Padua - Nacional Gás.
Contatos: nayara.padua@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Paula Silva Marques - Nacional Gás.
Contatos: paula.marques@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Nicolas Daniel Gomes Silva - Nacional Gás/Grupo Portfolio
Contatos: nicolas.daniel@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Jean Kleber Lima da Cruz - Nacional Gás
Contatos: jean.cruz@nacionalgas.com.br / (085) 3466.8921
- Lucas Braga Barros - Nacional Gás
Contatos: lucas.barroso@geq.com.br / (085) 3466.8921
- Luiz Felipe Gomes Bezerra Evangelista - Nacional Gás
Contatos: luiz.felipegbe@nacionalgas.com.br / (085) 99817.2500
- Valter Monteiro Brito - VMB Scanning Ltda
Contatos: valter@vmbengenharia.com / (085) 99817.2500

RESUMO

Este artigo apresenta a integração de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) para a gestão técnica de equipamentos industriais, com foco em centralização de informações, padronização de procedimentos e treinamento seguro. O fluxo metodológico compreendeu: modelagem 3D fiel aos equipamentos reais, prototipagem de interface e usabilidade, desenvolvimento em Unreal Engine, implementação de comandos interativos (voar, orbitar, “explode”, transparência/X-ray e isolamento) e exportação do executável para uso multiplataforma.

Os resultados em RV incluem: centralização de dados (manuais, desenhos, históricos) em um único ambiente; organização por filial e lista de equipamentos; visualização tridimensional detalhada com camadas de informação; e simulações de manutenção, montagem e operação, reduzindo exposição a riscos e acelerando a curva de aprendizado. Em RA, destacam-se: inserção dos modelos em ambientes físicos, escala real (1:1) para análise dimensional e ergonômica, exibição imersiva de manuais, além de desmontagem/montagem virtual e procedimentos passo a passo em escala real, elevando a assertividade e a padronização.

A solução demonstrou ganhos de eficiência operacional, redução de custos e tempo de capacitação, melhor previsibilidade do ciclo de vida dos ativos e maior segurança. Abre-se ainda caminho para integrações com IoT e inteligência preditiva, consolidando um ecossistema imersivo de apoio à decisão e à manutenção no contexto da Indústria 4.0.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda	7
1.2 Histórico da VMB Scanning.....	8
1.3 Cenário.....	9
2. PROBLEMAS ENCONTRADOS	10
2.1 Fragmentação das informações.....	10
2.2 Falta de padronização	10
2.3 Elevado impacto em interceções.....	11
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Objetivo Geral.....	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1 Realidade Virtual	12
4.2 Realidade Aumentada	12
4.3 Óculos 3D para Realidade Mista	13
5. FLUXO DE TRABALHO	14
6. RESULTADOS.....	15
6.1 Realidade Virtual	15
6.1.1 Centralização de informações	15
6.1.2 Organização por filial e lista de equipamentos	16
6.1.3 Visualização tridimensional detalhada	17
6.1.4 Exploração dinâmica dos equipamentos	18
6.1.5 Separação de peças.....	19
6.1.6 Camadas de informação	21
6.1.7 Processos de manutenção, montagem e operação	22
6.1.8 Integração de manuais e desenhos.....	22
6.1 Realidade Aumentada	23
6.1.1 Recursos avançados de visualização	23
6.1.2 Inserção em ambientes físicos	25
6.1.3 Escala real (1:1).....	25
6.1.4 Exibição de manuais e desenhos técnicos	26

NACIONALGÁS 

BRASILGÁS 

PARAGÁS 



GRUPO
EdsonQueiroz

6.1.5	Desmontagem e montagem de peças	27
6.1.6	Processos de manutenção em escala real:.....	29
7.	CONCLUSÃO	31
8.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	32

bbbbbbbbbLISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de trabalho.....	15
Figura 2 - VMBGear em Realidade Aumentada.....	15
Figura 3 - Menu geral do VMBGear.....	16
Figura 4 - Menu de Seleção de Filial.....	16
Figura 5 - Menu de Seleção de Equipamento.....	16
Figura 6 - Modelo 3D Balança de Enchimento	17
Figura 7 - Modelo 3D Plataforma Móvel	18
Figura 8 - Parte superior da Balança de Enchimento	18
Figura 9 - Parte Inferior da Balança de Enchimento	18
Figura 10 - Balança Antes da “Explosão”	19
Figura 11 - Balança Após a “Explosão”	20
Figura 12 - Componentes da Balança Movimentados.....	20
Figura 13 - Componentes da Balança Após um “Reset”	20
Figura 14 - Menu de Informações da Balança	21
Figura 15 - Menu de Processos de Montagem da Balança	22
Figura 16 - Processo de Montagem da Balança no Carrossel.....	22
Figura 17 - Menu de Manuais da Balança	23
Figura 18 - Ficha Técnica da Balança	23
Figura 20 - Caixa da Balança com Transparência Aplicada	24
Figura 21 - Bico de Enchimento Isolado	24
Figura 22 - Engrenagem Interna Isolada.....	25
Figura 19 - Esteira de Realinhamento de Realidade Aumentada num espaço fisico	25
Figura 23 - Balança e Botijão em Realidade Aumentada	26
Figura 24 - Ficha Técnica da Balança em Realidade Aumentada.....	27
Figura 25 - Botijão sendo segurado na Realidade Aumentada	27
Figura 26 - Segurando um Componente na Realidade Aumentada	28
Figura 27 - Menu de Peças da Balança.....	28
Figura 28 - Peça Selecionada	29
Figura 29 - Menu de processos de manutenção da Balança.....	29
Figura 30 - Processo de Alinhamento da Balança	30

1. INTRODUÇÃO

1.1 Histórico da Nacional Gás Distribuidora Ltda

A história da Nacional Gás se inicia em 1951, com um jovem empreendedor chamado Edson Queiroz que percebeu mudanças que estavam ocorrendo no mercado mundial na época e trouxe as mesmas para realidade dos cearenses. No início houve uma grande resistência da população devido ao receio do GLP, no entanto o jovem Edson conseguiu convencer a população de Fortaleza a deixar os antigos fogões a lenha pelos novos fogões que utilizavam o novo produto. No início a empresa teve enormes dificuldades, pois além do grande preconceito do povo nordestino com o produto, ainda era difícil a obtenção de GLP, pois o produto era importado do México e Estados Unidos e ainda existia a dificuldade de distribuição. Para conseguir superar esses obstáculos foi preciso que o jovem empresário passasse a vender fogões, além de ter que ir pessoalmente nas casas dos clientes para fazer a instalação e informar sobre as vantagens dos novos produtos.

Em 1953, após uma ação arrojada, Edson Queiroz obteve a autorização para carregar seus botijões de gás na Refinaria Lanulfo Alves em Mataripe/BA. A partir desta concessão, a Edson Queiroz & Cia., que tinha 289 clientes e comercializava 2,9 toneladas por mês, a partir dessa ação foram reduzidos os custos para obtenção do GLP, conseguindo progressos significativos na distribuição. Por outro lado, o mercado continuava crescendo com a disruptiva do preconceito dos consumidores em Fortaleza. Foi quando a empresa iniciou um crescimento e ampliou para outros estados do Brasil, além deste fato, também se estendeu para outras atividades econômicas.

A Nacional Gás chega aos dias atuais com foco na modernidade, com destaque nacional na comercialização de envasados domiciliar e crescendo cada vez mais no setor granel, graças ao reconhecimento e preferência dos seus parceiros de negócios, clientes e consumidores. Atuando no armazenamento, envase e distribuição de GLP, está presente em quase todo o território nacional.

1.2 Histórico da VMB Scanning

A VMB Scanning surgiu em 2023 como uma spin-off do Grupo VMB, resultado direto da evolução natural das práticas digitais já consolidadas pela VMB Engenharia e pela SmartBIIM. Seu propósito inicial foi ampliar as fronteiras da transformação digital aplicada à engenharia, oferecendo soluções avançadas de escaneamento a laser 3D, geração de nuvens de pontos e criação de gêmeos digitais para obras e instalações industriais.

Desde a sua fundação, a empresa se posicionou como referência na aplicação de tecnologias de captura da realidade para suporte a projetos, manutenção e operação de ativos. A capacidade de transformar levantamentos complexos em modelos digitais precisos permitiu que clientes de setores industriais, energéticos e de infraestrutura passassem a contar com um retrato fiel e navegável de suas plantas. Essa abordagem eliminou incertezas típicas de levantamentos convencionais, trouxe maior previsibilidade aos projetos e aumentou a eficiência de processos de expansão, manutenção e segurança.

Em pouco tempo, a VMB Scanning consolidou-se no mercado por meio de projetos estratégicos. Em 2023, foi reconhecida com o Prêmio Inovação GLP, conquistando a medalha de Prata na categoria Projetos, com o case “Utilização de laser scanners para escaneamento das filiais da Nacional Gás Distribuidora”. Essa premiação destacou a relevância do uso do escaneamento digital como ferramenta de gestão e planejamento em empresas do setor energético.

No ano seguinte, em 2024, a empresa atingiu um marco ainda mais expressivo ao conquistar o Ouro na categoria Projetos do mesmo prêmio, com o case “Gêmeo Digital aplicado a filiais da Nacional Gás Distribuidora”. Esse reconhecimento reforçou a maturidade da VMB Scanning em desenvolver soluções de alto impacto, capazes de integrar levantamentos em nuvem de pontos, modelos BIM e plataformas de visualização imersiva, oferecendo às empresas um ambiente digital atualizado e acessível para planejamento, operação e treinamento.

Atualmente, a VMB Scanning atua como um dos pilares estratégicos do Grupo VMB, contribuindo para a criação de ecossistemas digitais completos que unem planejamento (SmartBIIM), execução (VMB Engenharia) e manutenção (novas soluções em gestão de ativos). A empresa segue ampliando sua atuação, explorando o uso de realidade virtual, realidade aumentada e navegação interativa como complementos aos gêmeos digitais, consolidando sua posição como referência nacional em digitalização industrial.

1.3 Cenário

A gestão técnica de equipamentos industriais é um dos maiores desafios enfrentados por empresas que atuam em setores estratégicos, como o de energia, distribuição de GLP e indústria de processos. A diversidade de ativos, a complexidade dos sistemas e a necessidade de manter altos níveis de confiabilidade e segurança tornam o gerenciamento de informações, a manutenção e o treinamento de equipes tarefas críticas. No entanto, grande parte das organizações ainda depende de métodos convencionais, baseados em planilhas, manuais impressos e treinamentos presenciais, que frequentemente se mostram limitados diante da crescente complexidade operacional.

Essa abordagem tradicional resulta em diversos gargalos, como dificuldades na padronização de procedimentos, falhas de comunicação entre setores de engenharia e operação, disposição incorreta das informações, elevados custos de capacitação, exposição de equipes a ambientes de risco durante o aprendizado e baixa previsibilidade no ciclo de vida dos ativos. Diante dessas limitações, torna-se urgente a adoção de soluções tecnológicas que permitam maior integração de informações, melhor qualidade no treinamento técnico e maior segurança em processos de operação e manutenção.

É nesse contexto que a integração entre realidade virtual e realidade aumentada surge como uma alternativa estratégica. A realidade virtual possibilita a criação de ambientes digitais imersivos, nos quais os equipamentos podem ser visualizados em modelos tridimensionais detalhados, permitindo simulações de montagem,

desmontagem, manutenção e operação de forma segura e controlada. Já a realidade aumentada amplia essa experiência ao projetar os mesmos ativos no ambiente físico, em escala real, possibilitando que operadores e técnicos interajam diretamente com os modelos digitais durante treinamentos ou inspeções simuladas.

2. PROBLEMAS ENCONTRADOS

A gestão técnica de equipamentos industriais apresenta uma série de desafios que comprometem a eficiência operacional, a segurança e a qualidade do treinamento de equipes.

2.1 Fragmentação das informações

Um dos principais problemas está relacionado à fragmentação das informações. Dados críticos, como manuais, catálogos, desenhos técnicos, históricos de manutenção e procedimentos operacionais, costumam estar dispersos em diferentes sistemas ou até mesmo em documentos físicos, dificultando o acesso rápido e confiável durante processos de operação e intervenção.

2.2 Elevado custo para realização de treinamento e exposição a ambientes de risco

Outro problema recorrente é a limitação dos treinamentos presenciais tradicionais, que exigem deslocamento de equipes, altos investimentos logísticos e, muitas vezes, a paralisação de equipamentos reais para fins didáticos. Além de onerosos, esses treinamentos expõem colaboradores a ambientes de risco, especialmente em setores de alta criticidade, como o de energia e distribuição de GLP. Esse modelo também não consegue reproduzir com fidelidade cenários complexos de operação e manutenção, o que aumenta a probabilidade de falhas quando os técnicos atuam no campo.

2.2 Falta de padronização

A dificuldade de padronização de procedimentos também se destaca como um obstáculo relevante. Em muitas organizações, a execução de atividades técnicas varia de acordo com o operador ou com a unidade fabril, o que gera inconsistências, retrabalhos e maior risco de incidentes. Sem um ambiente unificado para estudo e prática, torna-se

difícil assegurar a conformidade com normas regulatórias e manter a rastreabilidade dos processos.

2.3 Elevado impacto em interceções

Por fim, há o desafio da baixa previsibilidade no ciclo de vida dos ativos. A ausência de ferramentas que possibilitem simulações prévias de manutenção, operação e montagem impede que gestores antecipem falhas ou avaliem o impacto de determinadas intervenções. Isso resulta em maior dependência da manutenção corretiva, com aumento de custos, redução da vida útil dos equipamentos e riscos adicionais de indisponibilidade operacional.

Esses problemas evidenciam a necessidade de soluções que unam visualização detalhada, simulação segura e interatividade prática, permitindo não apenas centralizar informações, mas também otimizar o aprendizado, reduzir riscos e aumentar a previsibilidade das operações.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e aplicar um sistema integrado baseado em Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) para a gestão técnica de equipamentos industriais, de modo a centralizar informações, otimizar processos de manutenção e operação, aprimorar o treinamento de equipes e aumentar a segurança e a eficiência operacional.

3.2 Objetivos Específicos

- Centralizar informações técnicas dos equipamentos em um ambiente digital unificado, incluindo manuais, históricos de manutenção, catálogos e desenhos técnicos.
- Criar modelos tridimensionais detalhados dos ativos, possibilitando sua exploração interativa em realidade virtual para estudo e análise de componentes.
- Desenvolver simulações digitais de manutenção, montagem e operação, garantindo a prática de procedimentos em ambiente seguro e controlado.

- Aplicar realidade aumentada em escala real (1:1) para projetar os equipamentos no ambiente físico, permitindo inspeções e treinamentos mais próximos da realidade operacional.
- Padronizar procedimentos técnicos por meio de recursos imersivos, assegurando conformidade com normas regulatórias e redução de variações na execução.
- Reduzir custos e riscos em treinamentos, substituindo ou complementando práticas presenciais por ambientes imersivos mais seguros e acessíveis.
- Aumentar a previsibilidade do ciclo de vida dos ativos, utilizando simulações digitais para antecipar falhas, planejar intervenções e melhorar a gestão de recursos.
- Promover a transformação digital na gestão de equipamentos industriais, consolidando a integração de tecnologias imersivas como diferencial estratégico para competitividade e sustentabilidade.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) configura-se como uma tecnologia que cria ambientes digitais totalmente simulados nos quais o usuário pode interagir de forma imersiva, desviando-se completamente do mundo físico. O conceito de continuidade entre realidade e virtualidade foi formalizado por Milgram e Kishino (1994), que introduziram o reality-virtuality continuum como um espectro entre o real e o virtual, dentro do qual se inserem tecnologias como RV, RA e Realidade Mista.

No âmbito educacional e de treinamento, um estudo de Freina & Ott (2015) revisou aplicações de RV imersiva, apontando que ambientes virtuais aumentam a motivação, o engajamento e a formação de representações espaciais pelos usuários.

Na engenharia e na gestão de ativos, a RV é valorizada por possibilitar simulações de operação, desmontagem e montagem de equipamentos com risco controlado, além de facilitar o entendimento espacial dos sistemas complexos.

4.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) consiste na superposição de elementos virtuais ao ambiente físico, de modo que os usuários possam interagir com partes virtuais sem

perder a percepção do mundo real. Azuma (1997) é um dos trabalhos clássicos nessa área, definindo RA como sistemas que combinam objetos reais e virtuais em tempo real e em 3D, mantendo a percepção espacial e possibilitando interação contextual.

Em aplicações técnicas, a RA facilita a visualização de modelos em escala real (1:1) sobrepostos ao ambiente real, permitindo validar dimensões, ergonomia ou localização física de componentes antes de sua instalação. Isso é particularmente valioso em manutenções e inspeções, ao trazer um elemento visual direto entre modelo digital e realidade física.

4.3 Óculos 3D para Realidade Mista

A Realidade Mista (RM) representa a convergência entre a RV e a RA, permitindo que elementos reais e virtuais coexistam e interajam em tempo real. Para que essa integração seja possível, o uso de óculos 3D ou head-mounted displays (HMDs) é fundamental, pois esses dispositivos oferecem capacidade de imersão, rastreamento espacial e interação gestual.

Equipamentos como o Microsoft HoloLens, o Meta Quest Pro e outros HMDs avançados possibilitam experiências em que o usuário pode visualizar um modelo digital em 3D, interagir com ele por meio de comandos gestuais ou de voz, e ao mesmo tempo manter a percepção do ambiente físico real. Essa capacidade híbrida é especialmente valiosa para aplicações industriais, pois permite que técnicos e engenheiros realizem simulações em RV durante o estudo de procedimentos e, em seguida, utilizem RA ou RM para aplicar esse conhecimento diretamente no campo, em escala natural.

Na prática, os óculos 3D para realidade mista transformam-se em ferramentas estratégicas para gestão técnica de equipamentos, pois viabilizam treinamentos imersivos, inspeções mais precisas, acompanhamento de manutenção em tempo real e colaboração remota entre equipes. Além disso, a evolução contínua desses dispositivos tende a reduzir custos e ampliar a acessibilidade da tecnologia, acelerando sua adoção em setores industriais e acadêmicos.

5. FLUXO DE TRABALHO

O desenvolvimento da solução proposta seguiu um fluxo de trabalho estruturado em etapas sequenciais, que integraram a modelagem tridimensional, a prototipagem de interface e a implementação em ambiente digital imersivo.

A primeira etapa consistiu na modelagem 3D das peças, realizada a partir de dados técnicos, representações precisas dos equipamentos reais e visitas as unidades da Nacional Gás. O objetivo foi garantir fidelidade geométrica e detalhamento suficiente para permitir simulações de montagem, desmontagem e manutenção em ambiente virtual, assegurando maior realismo durante a interação dos usuários.

Em seguida, foi realizada a prototipagem do layout e da usabilidade da plataforma, com foco na definição da interface de navegação, organização dos menus e estrutura de acesso às informações técnicas. Essa etapa teve como prioridade a criação de uma experiência amigável, intuitiva e adequada tanto para treinamentos quanto para a gestão técnica dos ativos.

A terceira etapa correspondeu ao desenvolvimento da plataforma no motor gráfico Unreal Engine, tecnologia escolhida pela sua robustez em renderização 3D, suporte a ambientes imersivos e compatibilidade com dispositivos de realidade virtual e aumentada. Nessa fase, os modelos digitais foram integrados ao ambiente virtual, configurando-se a base da plataforma imersiva.

Posteriormente, foram implementados os comandos de interação, permitindo ao usuário explorar os modelos em diferentes modos de visualização (voo, órbita, explosão, transparência e isolamento), além de consultar informações técnicas, acessar manuais e executar simulações de processos de manutenção e operação.

Por fim, a solução foi consolidada na etapa de exportação do executável, tornando o sistema acessível em diferentes dispositivos e garantindo sua aplicação prática em treinamentos, inspeções e apoio à gestão técnica dos equipamentos.

Esse fluxo de trabalho, ao integrar modelagem precisa, usabilidade, desenvolvimento tecnológico e exportação final, assegurou uma plataforma imersiva consistente, capaz de unir teoria, prática e inovação em um único ambiente digital.

Figura 1 - Etapas de trabalho



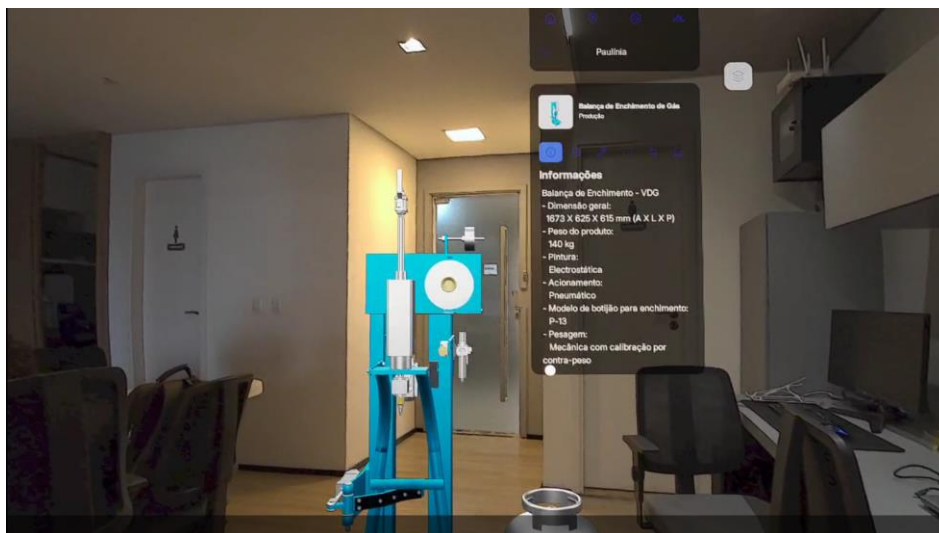
Fonte: Autoria própria

6. RESULTADOS

6.1 Realidade Virtual

A aplicação da realidade virtual mostrou-se fundamental para centralizar, organizar e explorar digitalmente os equipamentos, criando um ambiente unificado de aprendizado e gestão.

Figura 2 - VMBGear em Realidade Aumentada



Fonte: Autoria própria

6.1.1 Centralização de informações

O VMBGear permitiu reunir dados técnicos, visuais e operacionais de cada equipamento em uma única plataforma. Isso reduziu a fragmentação em documentos isolados e tornou o processo de aprendizado mais eficiente, já que o usuário passou a ter acesso imediato a todas as informações relevantes em um só lugar.

Figura 3 - Menu geral do VMBGear



Fonte: Autorial própria

6.1.2 Organização por filial e lista de equipamentos

A interface inicial possibilitou ao usuário selecionar a filial desejada e, em seguida, acessar a lista completa de equipamentos daquela unidade, com nomes, imagens de pré-visualização e setores correspondentes. Esse recurso facilitou o gerenciamento distribuído, uma vez que a Nacional Gás possui unidades dispostas em todas as regiões do Brasil, contando com grande diversidade de equipamentos, com mesma finalidade, mas fabricados por fornecedores diferentes, assegurando clareza no acesso às informações específicas de diferentes plantas industriais.

Figura 4 - Menu de Seleção de Filial



Fonte: Autorial própria

Figura 5 - Menu de Seleção de Equipamento



Fonte: Autoria própria

6.1.3 Visualização tridimensional detalhada

Os modelos 3D foram desenvolvidos com base nos equipamentos reais, utilizados na Nacional Gás, com cada componente modelado individualmente. Isso garantiu alto nível de realismo e precisão, permitindo simulações e análises técnicas aprofundadas sem a necessidade de contato físico com os ativos.

Figura 6 - Modelo 3D Balança de Enchimento



Fonte: Autoria própria



Figura 7 - Modelo 3D Plataforma Móvel

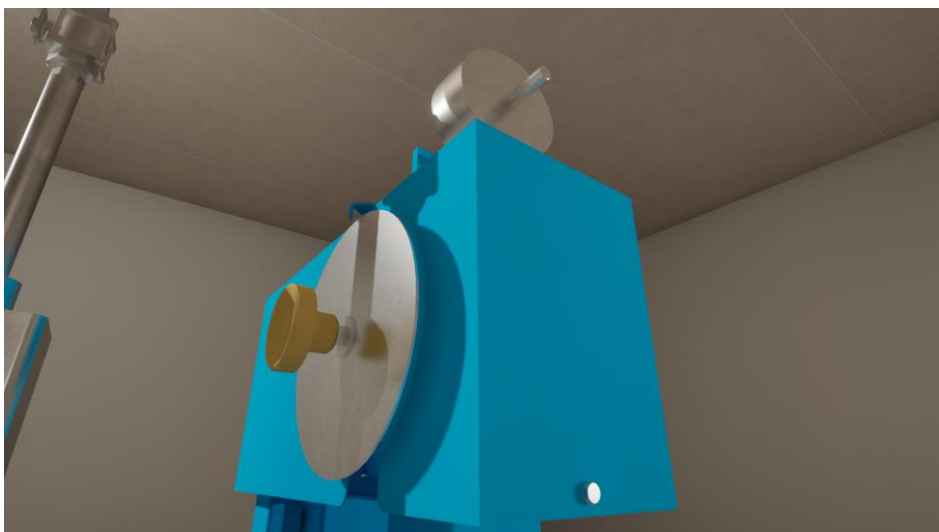


Fonte: Autoria própria

6.1.4 Exploração dinâmica dos equipamentos

Diferentes modos de navegação ampliaram a experiência. O modo “Voar” possibilitou sobrevoar os equipamentos e analisá-los sob qualquer ângulo, enquanto o modo orbitar centralizou o objeto, permitindo uma visão geral mais controlada. Essa flexibilidade atendeu desde usuários em treinamentos básicos até especialistas em diagnósticos técnicos.

Figura 8 - Parte superior da Balança de Enchimento



Fonte: Autoria própria

Figura 9 - Parte Inferior da Balança de Enchimento



Fonte: Autoria própria

6.1.5 Separação de peças

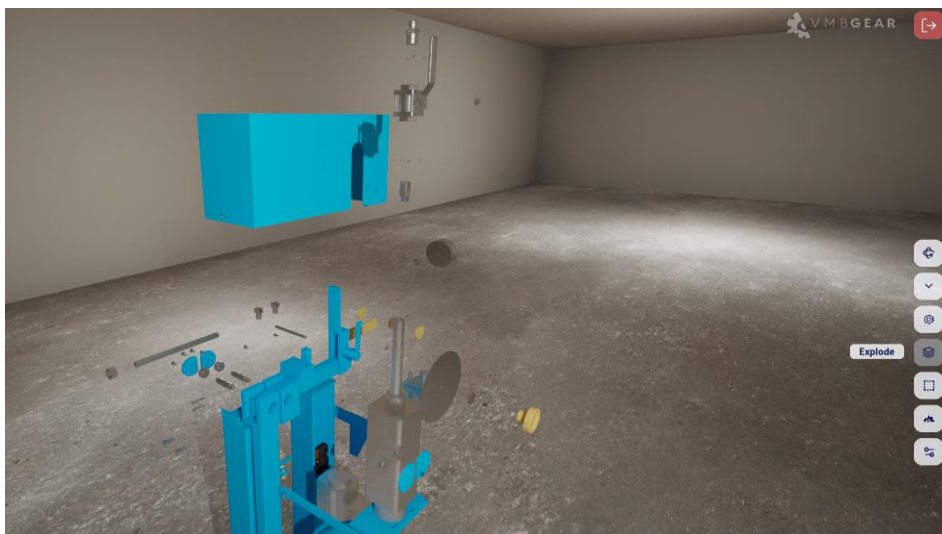
A função “Explode” viabilizou a separação automática de componentes, revelando partes internas do equipamento em segundos. Já a separação manual permitiu desmontar e reposicionar peças individualmente, simulando um processo de manutenção ou montagem. Essas funções facilitaram a compreensão da estrutura interna dos equipamentos e fortaleceram os treinamentos técnicos.

Figura 10 - Balança Antes da “Explosão”



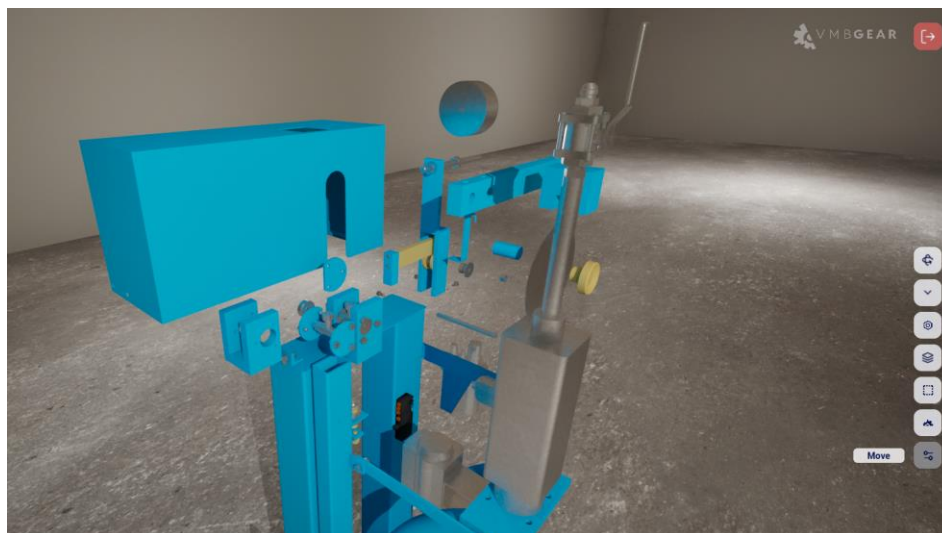
Fonte: Autoria própria

Figura 11 - Balança Após uso da função "Explosão"



Fonte: Aatoria própria

Figura 12 - Componentes da Balança Movimentados



Fonte: Aatoria própria

Figura 13 - Componentes da Balança Após um “Reset”

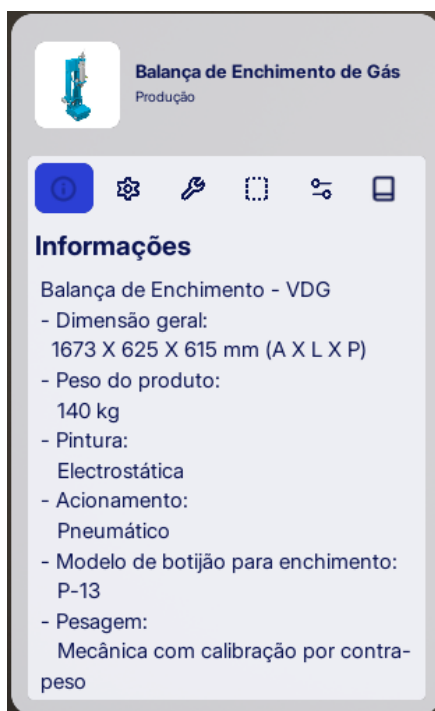


Fonte: Autoria própria

6.1.6 Camadas de informação

As abas “Informações” e “Peças” acrescentaram profundidade à experiência, apresentando dados técnicos (dimensões, peso, acionamento) e permitindo analisar componentes individualmente. Esse nível de detalhamento garantiu maior segurança e padronização em processos de manutenção.

Figura 14 - Menu de Informações da Balança



Fonte: Autoria própria

6.1.7 Processos de manutenção, montagem e operação

A plataforma trouxe animações interativas que demonstraram procedimentos práticos, como troca de componentes, conferência de funcionamento e acoplamento de equipamentos. Isso transformou a realidade virtual em uma ferramenta pedagógica eficaz, reduzindo a necessidade de exposição de equipes a ambientes reais de risco.

Figura 15 - Menu de Processos de Montagem da Balança



Fonte: Autoria própria

Figura 16 - Processo de Montagem da Balança no Carrossel



Fonte: Autoria própria

6.1.8 Integração de manuais e desenhos

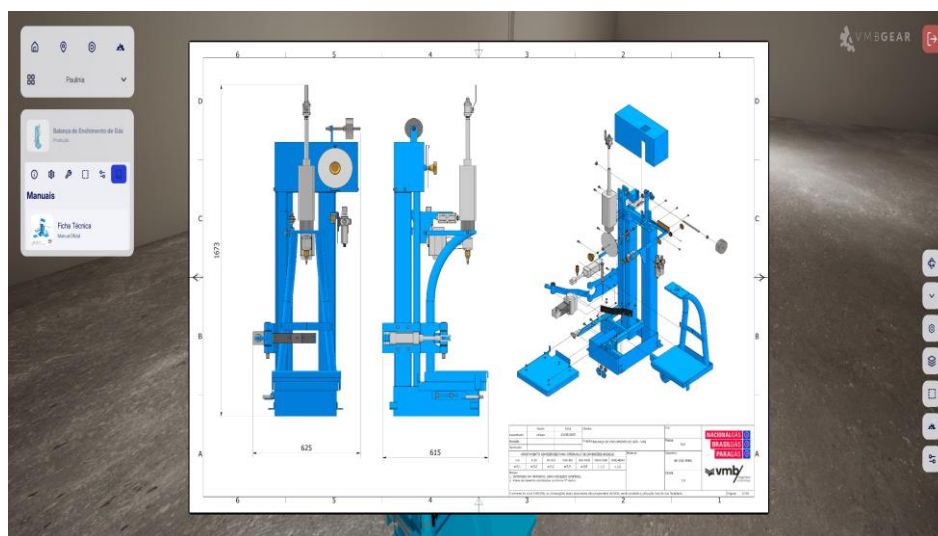
Manuais técnicos e desenhos puderam ser consultados diretamente no ambiente virtual, centralizando informações que antes estavam dispersas. Essa integração fortaleceu a rastreabilidade de dados e simplificou treinamentos.

Figura 17 - Menu de Manuais da Balança



Fonte: Autoria própria

Figura 18 - Ficha Técnica da Balança



Fonte: Autoria própria

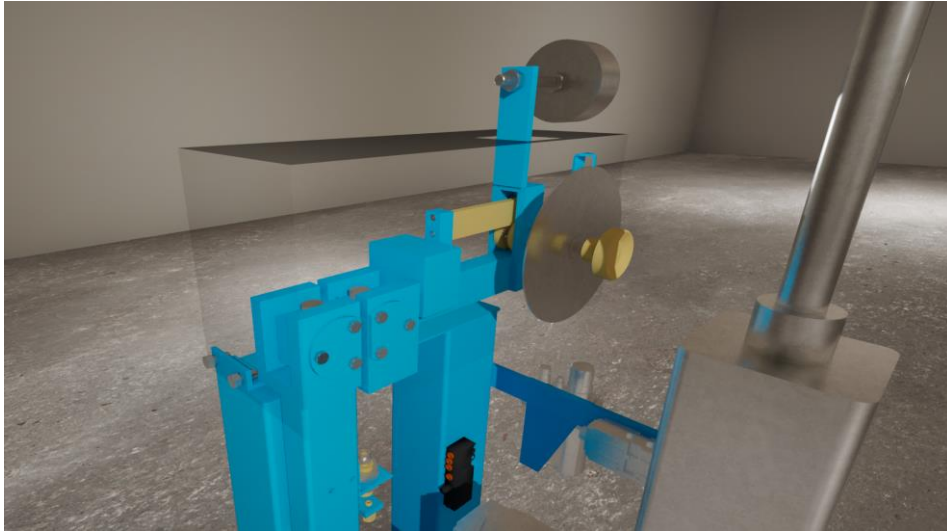
6.1 Realidade Aumentada

Com os A realidade aumentada levou a experiência a outro nível, permitindo inserir modelos digitais em ambientes reais e promovendo interação prática em escala natural.

6.1.1 Recursos avançados de visualização

Com os comandos Xray e Isolate, o usuário pôde aplicar transparência em peças específicas ou isolá-las para estudo individual. Esses recursos deram mais precisão à análise e possibilitaram estudos direcionados sem comprometer a visão do conjunto.

Figura 19 - Caixa da Balança com Transparência Aplicada



Fonte: Autoria própria

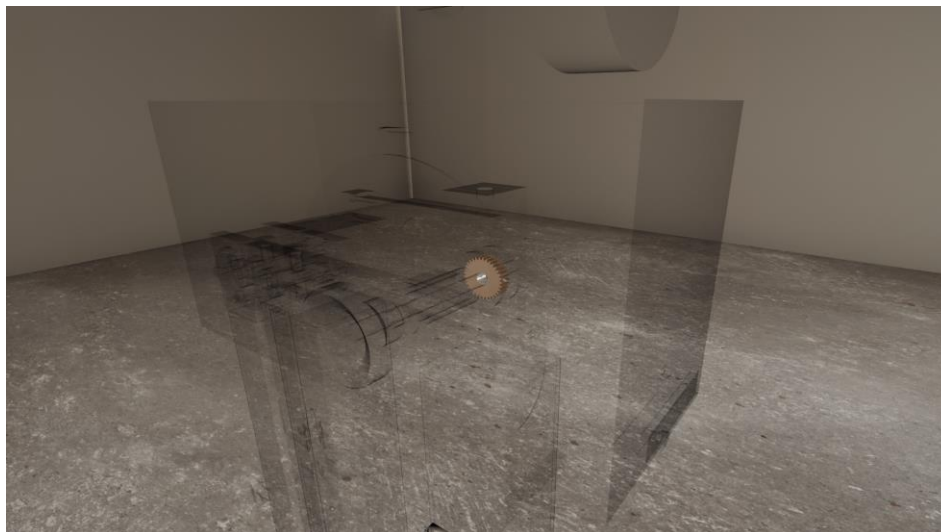
Figura 20 - Bico de Enchimento Isolado



Fonte: Autoria própria



Figura 21 - Engrenagem Interna Isolada



Fonte: Autoria própria

6.1.2 Inserção em ambientes físicos

Os equipamentos puderam ser projetados em qualquer espaço, independentemente da disponibilidade de área industrial. Essa flexibilidade reduziu custos logísticos e riscos, já que treinamentos e análises puderam ser realizados em locais seguros e controlados.

Figura 22 - Esteira de Realinhamento de Realidade Aumentada num espaço físico



Fonte: Autoria própria

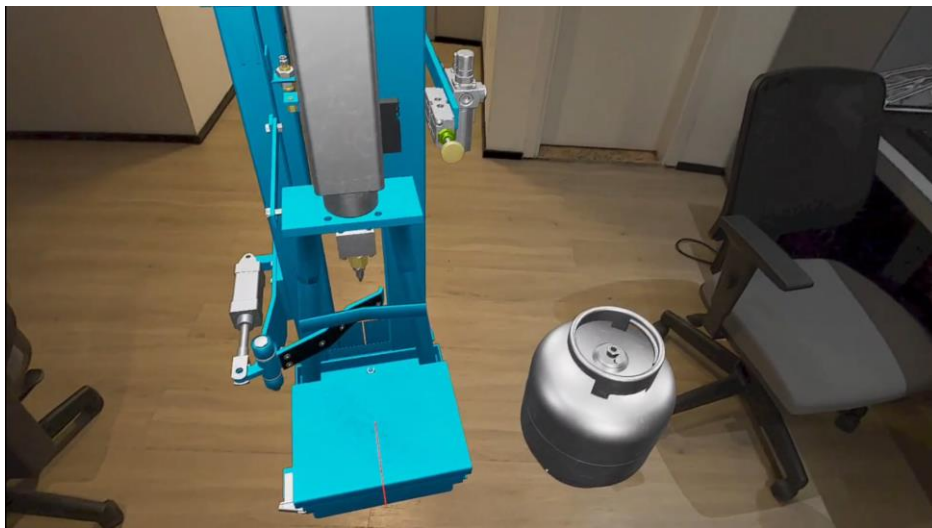
6.1.3 Escala real (1:1)

A visualização em tamanho real permitiu que os usuários compreendessem as dimensões exatas dos equipamentos sem precisar estar fisicamente diante deles. Esse

recurso auxiliou no planejamento de layouts, treinamentos imersivos e avaliações ergonômicas de operação.

Interatividade prática: Na RA, o usuário pôde manipular equipamentos virtuais com as próprias mãos, simulando processos de manutenção e operação de forma realista. Essa prática trouxe ganhos em treinamentos, reduzindo a curva de aprendizado e aumentando a confiança na execução de atividades em campo.

Figura 23 - Balança e Botijão em Realidade Aumentada

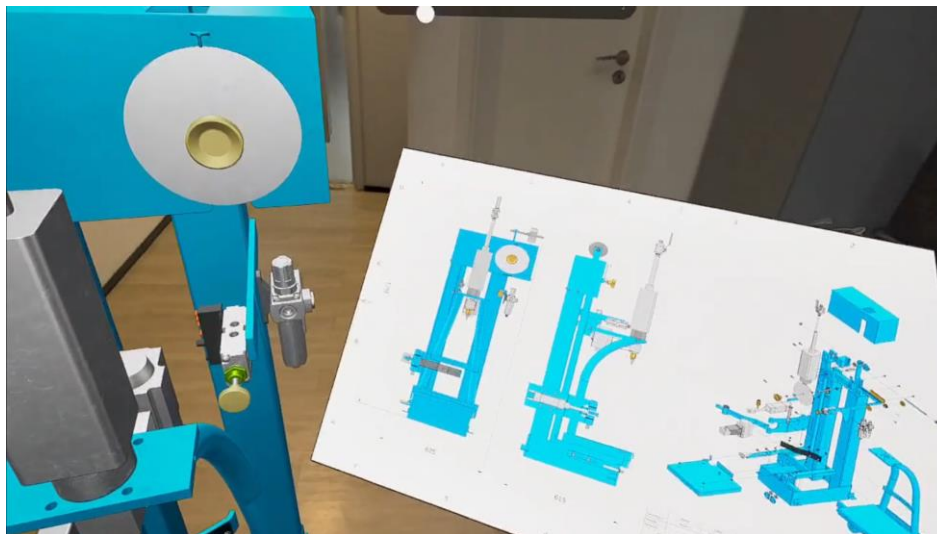


Fonte: Autoria própria

6.1.4 Exibição de manuais e desenhos técnicos

Diferente da consulta tradicional, os manuais foram projetados de forma imersiva, simulando que estavam sendo “segurados” pelo usuário. Isso possibilitou consultas rápidas enquanto se interagia com o equipamento, unindo teoria e prática em uma experiência contínua.

Figura 24 - Ficha Técnica da Balança em Realidade Aumentada

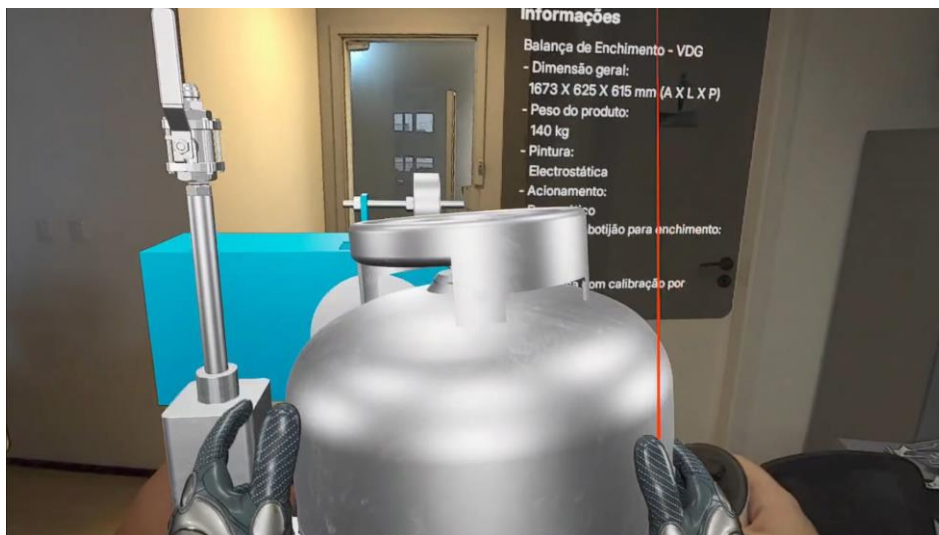


Fonte: Autoria própria

6.1.5 Desmontagem e montagem de peças

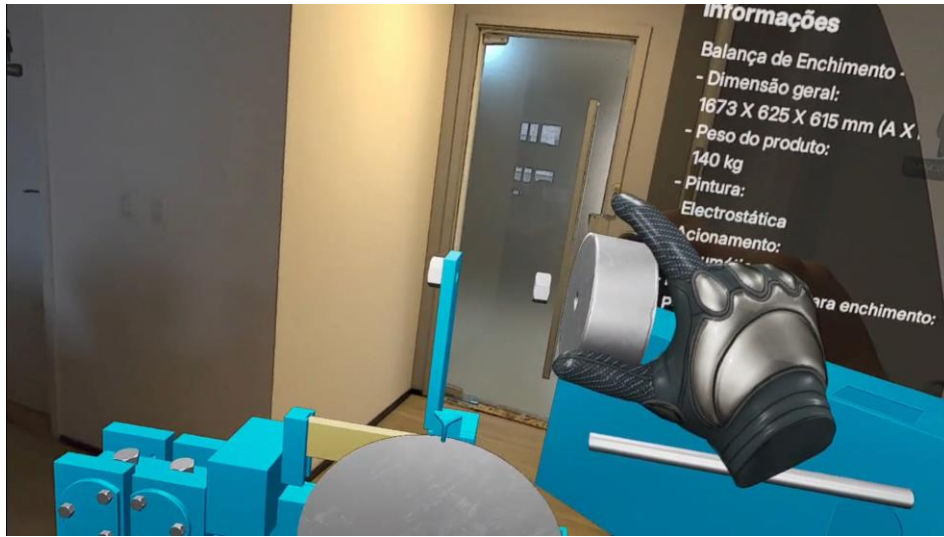
A RA permitiu que peças fossem retiradas, manipuladas e recolocadas no equipamento virtual. Essa simulação prática fortaleceu treinamentos de montagem e manutenção, proporcionando um ambiente de aprendizado seguro e envolvente.

Figura 25 - Botijão sendo segurado na Realidade Aumentada



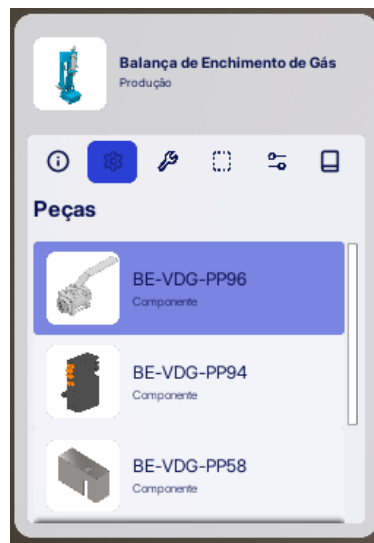
Fonte: Autoria própria

Figura 26 - Segurando um Componente na Realidade Aumentada



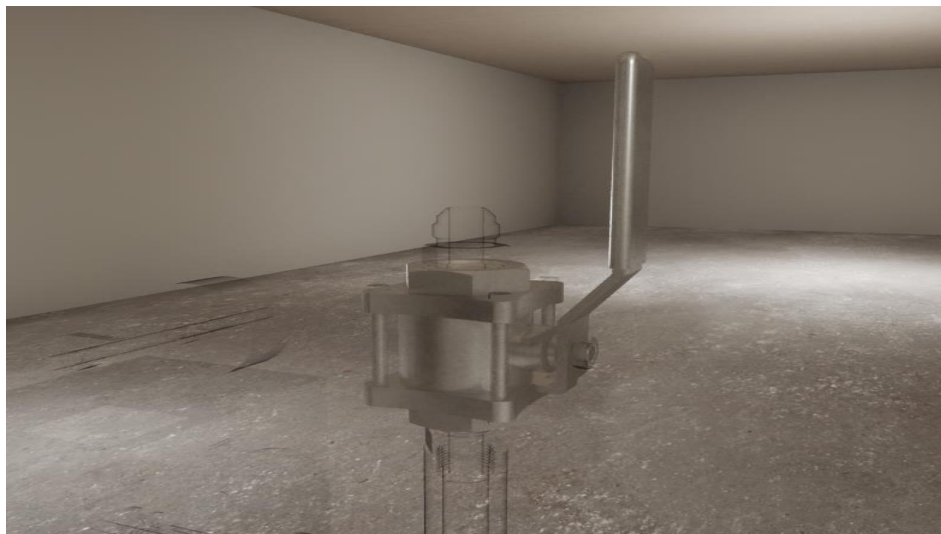
Fonte: Autoria própria

Figura 27 - Menu de Peças da Balança



Fonte: Autoria própria

Figura 28 - Peça Seleccionada

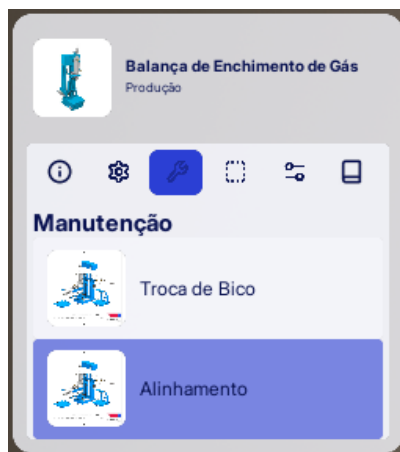


Fonte: Autorial própria

6.1.6 Processos de manutenção em escala real:

Os procedimentos de manutenção foram projetados passo a passo diretamente diante do usuário, tornando o processo de aprendizagem mais claro, dinâmico e intuitivo. Isso reduziu erros e aumentou a eficiência no preparo de equipes para o ambiente real.

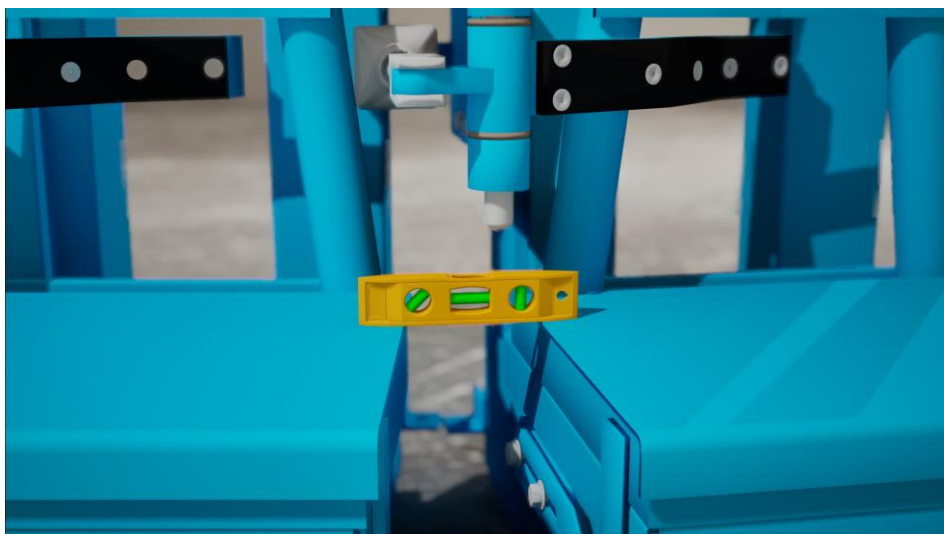
Figura 29 - Menu de processos de manutenção da Balança



Fonte: Autorial própria



Figura 30 - Processo de Alinhamento da Balança



Fonte: Aatoria própria

7. CONCLUSÃO

A integração das tecnologias de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para a gestão técnica de equipamentos demonstrou ser uma solução eficaz diante dos desafios enfrentados no cenário industrial contemporâneo. Ao possibilitar a centralização de informações, a exploração detalhada de modelos tridimensionais, a simulação de processos de manutenção e a projeção de ativos em escala real no ambiente físico, a plataforma desenvolvida ofereceu ganhos significativos em eficiência operacional, segurança e padronização de procedimentos.

Os resultados obtidos evidenciam que o uso de ambientes imersivos proporciona uma nova forma de aprendizado e interação, permitindo que equipes técnicas sejam treinadas em condições seguras, realistas e de alta precisão. Além de reduzir custos com treinamentos presenciais e minimizar riscos de acidentes, a solução contribuiu para aumentar a previsibilidade do ciclo de vida dos equipamentos, assegurando maior confiabilidade às operações.

O fluxo de trabalho adotado, desde a modelagem 3D das peças até a exportação do executável da plataforma, demonstrou a viabilidade técnica da proposta e reforçou o potencial de ferramentas digitais avançadas para transformar a forma como equipamentos industriais são geridos. Essa abordagem híbrida, que une teoria e prática em um mesmo ecossistema digital, consolida-se como um diferencial estratégico para empresas, como a Nacional Gás, que buscam amadurecimento tecnológico, competitividade e sustentabilidade em suas operações.

Por fim, conclui-se que a aplicação conjunta de Realidade Virtual e Realidade Aumentada não apenas responde às necessidades atuais da indústria, mas também abre caminhos para novas oportunidades, como a integração com IoT, inteligência artificial preditiva e realidade mista avançada, ampliando ainda mais as possibilidades de inovação na gestão de ativos industriais.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AZUMA, R. T. *A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997.

Disponível em: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>. Acesso em: 16 out. 2025.

FREINA, L.; OTT, M. *A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives. Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)*, n. 1, p. 133–141, 2015.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277190290>. Acesso em: 16 out. 2025.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems*, v. E77-D, n. 12, p. 1321–1329, 1994.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/231514051>. Acesso em: 16 out. 2025.