



areola

Relatório comparativo dos métodos de formação em realidade alargada (XR) e prática



Financiado pela União Europeia. No entanto, os pontos de vista e opiniões expressos são da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não reflectem necessariamente os da União Europeia ou da Agência de Execução relativa à Educação, ao Audiovisual e à Cultura (EACEA). Nem a União Europeia nem a EACEA podem ser responsabilizadas pelos mesmos.



areola

Revisão	Data	Autor/Organização	Descrição
1	20.12.2023	FA	Autor
2	26.02.2024	Todos	
3			

Conteúdo

1. Prefácio	3
2. Método <i>hands-on</i> (tradicional) para a aprendizagem prática	4
3. Utilização da realidade alargada em contextos de formação/ensino	5
3.1 Utilização do XR na formação em fabrico aditivo	6
3.1.1 As vantagens da utilização de ferramentas XR na formação em fabrico aditivo.....	7
3.1.2 As limitações da utilização de ferramentas XR na formação em fabrico aditivo.....	8
4. Método	8
4.1 Casos de utilização.....	9
4.2 Conceção do curso-piloto.....	12
4.3 Instrumentos	13
4.4 Participantes.....	14
4.5 Análise de dados.....	15
5. Conclusões	15
5.1 Pontuação de sucesso entre os métodos <i>hands-on</i> e XR.....	16
5.2 As diferenças de pontuação de feedback entre o método <i>Hands-on</i> e o método XR.....	16
5.3 As diferenças entre a pontuação de feedback XR e a idade	17
5.4 As diferenças entre a pontuação de feedback do XR e a utilização anterior do XR.....	18
5.5 Ideias dos participantes sobre os métodos de formação utilizados	18
5.5.1 Vantagens do método de formação prática	19
5.5.2 Vantagens da utilização do método XR.....	19
5.5.3 Limitações da utilização do método de formação prática	20
5.5.4 Limitações da utilização do método XR	20
5.6 Utilização do método XR como ferramenta complementar	21
5.7 Feedback dos formadores sobre a comparação entre a prática e a utilização de ferramentas XR	22
5.8 Resultados da mesa-redonda virtual.....	24
6. Discussão.....	26
7. Conclusão.....	28
8. Referências.....	30

1. Prefácio

O projeto AREOLA faz parte do programa Erasmus+ e envolve um consórcio de organizações, nomeadamente EOS, EWF, FA, IDONIAL, LAK, MakeReal e MTC, listadas alfabeticamente. Um dos objetivos do projeto é desenvolver materiais educativos que aproveitem as tecnologias digitais para melhorar a formação profissional na área do fabrico aditivo.

A emergência da pandemia de Covid-19 estimulou o ensino online e a integração de várias tecnologias digitais na educação. Este facto aumentou a importância de métodos de ensino mais inovadores em vez dos métodos de ensino tradicionais. À medida que os avanços tecnológicos continuam a remodelar o panorama da educação e da formação, surgiram vários métodos para melhorar a experiência de aprendizagem. Em resposta a esta transformação e para tornar o ensino e a formação profissionais mais apelativos e alinhados com a era moderna, o projeto AREOLA dedicou-se ao desenvolvimento de conteúdos educativos digitais. No entanto, o projeto não se limita à produção de conteúdos digitais, investigando também as implicações pedagógicas da utilização destas tecnologias.

Para o efeito, o projeto desenvolveu materiais de formação teórica para implementação online e materiais de realidade alargada para formação prática. Estes materiais também foram testados por meio de pilotos no Resultado 4 do projeto.

Neste relatório, são apresentados os resultados de estudos-piloto que envolveram uma análise comparativa entre a formação prática no local e a aprendizagem através da utilização de ferramentas de Realidade Alargada (RX). O foco foi a forma como estas abordagens têm impacto nos alunos e contribuem para a obtenção de resultados educativos. Este relatório tem como objetivo comparar dois métodos de ensino distintos: Realidade Virtual (RV)/Realidade Aumentada (RA), também designada neste relatório por Realidade Alargada (RX), e prática (tradicional). Cada método tem vantagens e limitações únicas que afetam a sua eficácia no fornecimento de conteúdos educativos e no desenvolvimento de competências. As conclusões deste estudo contribuirão para a nossa compreensão do impacto das ferramentas XR no ensino profissional e, em particular, na formação de operadores de PBF-LB no sector aeroespacial. Este relatório destina-se a um público diversificado, incluindo fornecedores de EFP (Ensino e Formação Profissional), formadores de EFP, investigadores no domínio da tecnologia educativa, bem como formadores e promotores de formação no sector aeroespacial e noutras indústrias que utilizam a tecnologia de fabrico aditivo.

2. Método *hands-on* (tradicional) para a aprendizagem prática

A formação dos funcionários tem uma importância significativa para praticamente todas as empresas, quer estejam a contratar novos funcionários ou a melhorar as competências da sua força de trabalho existente para aumentar a eficiência operacional global. Isto é especialmente verdadeiro para as indústrias que lidam com processos altamente complexos e que acarretam riscos significativos. A formação prática é uma componente integral destes programas, permitindo aos empregados ganhar experiência valiosa em cenários reais [9]. No entanto, tem o seu próprio conjunto de limitações. Em primeiro lugar, a formação prática pode ser intensiva em termos de recursos, exigindo um investimento financeiro substancial em equipamento, instalações e formadores qualificados. Este compromisso financeiro pode afetar o orçamento de uma empresa, tornando essencial a procura de alternativas rentáveis.

Além disso, o fator de risco associado à formação prática não pode ser subestimado. Em indústrias com operações de alto risco, a realização de formação prática pode expor os funcionários a situações potencialmente perigosas. Isto requer a implementação de protocolos e medidas de segurança rigorosos para mitigar estes riscos, acrescentando uma camada extra de complexidade e custo ao processo de formação. Além disso, a formação prática pode ser insuficiente para transmitir totalmente a intrincada estrutura interna e os processos operacionais de máquinas e sistemas complexos.

O apoio logístico também representa um desafio na formação prática. Coordenar a disponibilidade de equipamento, instalações e formadores com os horários dos empregados pode ser um quebra-cabeças logístico, exigindo muitas vezes um planeamento e uma coordenação meticolosos. Os atrasos ou falhas neste processo podem perturbar o programa de formação e afetar a produtividade.

Nestes domínios, a necessidade de programas de formação rentáveis torna-se imperativa, uma vez que servem o duplo objetivo de reduzir os riscos relacionados com a formação e de melhorar os resultados da formação, ao mesmo tempo que reduzem os custos da formação. Para responder a estas necessidades, as tecnologias contemporâneas podem ser oferecidas como uma solução alternativa, podendo a XR ser considerada para satisfazer os requisitos de formação

3. Utilização da realidade alargada em contextos de formação/ensino

A Realidade Alargada (RX) é um termo que abrange diferentes tecnologias que alteram a realidade através da adição de elementos digitais ao ambiente físico ou do mundo real. Alguns exemplos de XR são a Realidade Virtual (VR), a Realidade Aumentada (AR) e a Realidade Mista (MR). A XR pode ser utilizada para vários fins, tais como entretenimento, educação militar, cuidados de saúde e formação industrial para o fabrico. A XR pode criar experiências imersivas e envolventes em que os utilizadores podem interagir com elementos gerados por computador em tempo real [1]. Estas tecnologias, quando utilizadas com auscultadores, óculos ou ecrãs especializados, podem inserir elementos 3D virtuais e digitais no ambiente dos utilizadores utilizando hologramas.

Atualmente, a utilização de sistemas XR está a expandir-se em vários sectores, incluindo as redes sociais, os cuidados de saúde, o entretenimento, o turismo e a educação. A capacidade da tecnologia XR para simular diferentes ambientes está a ser cada vez mais utilizada na educação. Está a emergir como um dos métodos de formação mais utilizados, uma vez que torna a formação de alto risco menos arriscada através da simulação, reduz os custos associados a programas de formação logisticamente exigentes utilizando ambientes virtuais e aumenta a compreensão de conceitos abstratos através de experiências simuladas [2].

Outra razão que motiva a adoção de sistemas XR na educação é o nível de interação melhorado que oferecem. Graças às luvas hápticas e aos sensores portáteis, os sistemas XR permitem aos utilizadores experimentar o tato e outras sensações. Esta capacidade permite efetivamente fazer a ponte entre o mundo real e o ambiente virtual. A imagem abaixo explica os principais componentes de um sistema XR e mostra a interação entre o utilizador e os dispositivos.

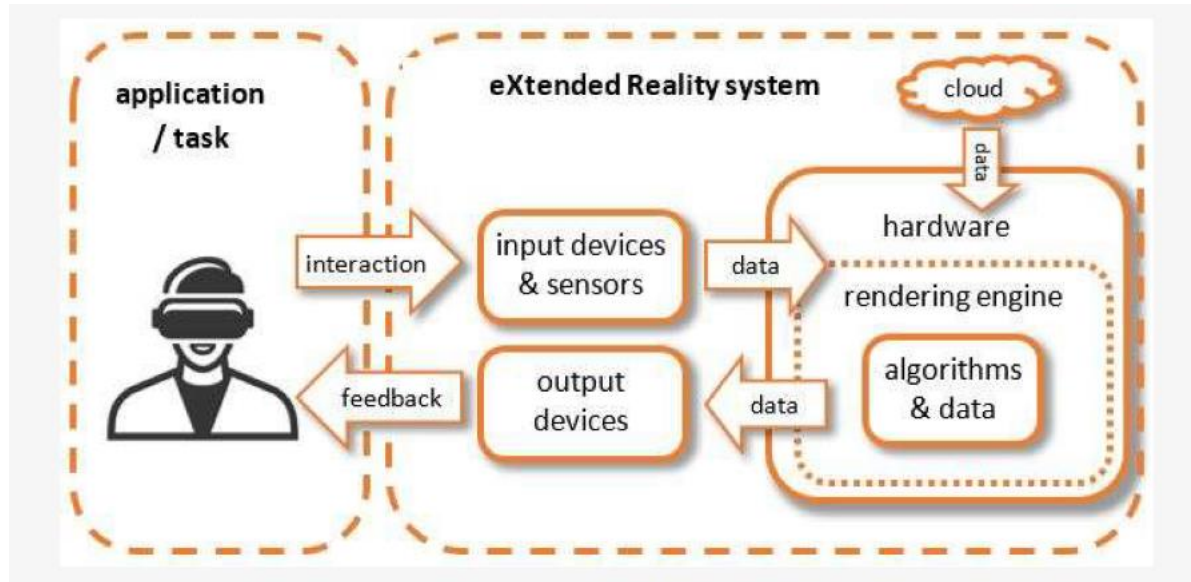


Figura 1. O fluxo de trabalho do sistema XR [12]

3.1 Utilização do XR na formação em fabrico aditivo

O fabrico aditivo (AM), vulgarmente conhecido como impressão 3D, revolucionou a forma de criar objetos e produtos. Desde a indústria aeroespacial aos cuidados de saúde, esta tecnologia tem encontrado aplicações em vários sectores. No entanto, o aproveitamento de todo o potencial do fabrico aditivo requer uma mão de obra qualificada. Para o conseguir, a formação desempenha um papel crucial. Uma abordagem inovadora para aumentar a eficácia da formação em AM é a incorporação de tecnologias de Realidade Alargada (XR) que combinam Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e Realidade Mista (MR) para proporcionar experiências de formação imersivas, interativas e envolventes [10].

Os sistemas XR são os preferidos na formação em AM, uma vez que estas tecnologias nos permitem criar ambientes de aprendizagem imersivos, conceber simulações realistas, proporcionar formação interativa, facilmente personalizável e adaptável e, finalmente, permitir a formação e colaboração remotas. Além disso, preenche a lacuna entre a teoria e a prática, oferecendo um ambiente sem riscos para os formandos desenvolverem as suas competências em AM. À medida que a tecnologia continua a avançar, o papel do XR na formação em AM só tende a crescer. Permite que a formação em AM seja mais acessível, económica e adaptável às

necessidades em evolução das indústrias. Ao incorporar a XR, o sector do fabrico aditivo pode assegurar uma mão de obra bem formada capaz de aproveitar todo o potencial desta tecnologia revolucionária [7]

3.1.1 As vantagens da utilização de ferramentas XR na formação em fabrico aditivo

A tecnologia XR já está a ser utilizada para a formação e desenvolvimento de funcionários em várias indústrias, incluindo a aeroespacial e a indústria transformadora. Eis algumas vantagens da utilização de tecnologias XR na formação em fabrico aditivo:

1- Simulação de ambientes de trabalho reais: As tecnologias XR criam ambientes virtuais que reproduzem experiências do mundo real, permitindo às empresas melhorar as competências dos seus empregados através de formação simulada. Isto permite que os indivíduos pratiquem tarefas como a pilotagem, incluindo descolagens e aterragens, num ambiente virtual antes de embarcarem em experiências reais [3].

2- Criar ambientes seguros: As tecnologias XR oferecem um ambiente de aprendizagem seguro onde os formandos podem aprender com os seus erros de formação, minimizando os riscos potenciais. Por exemplo, os técnicos podem praticar operações de troca a alta tensão sem qualquer perigo real envolvido [3].

3- Poupar dinheiro: As tecnologias XR reduzem as despesas de formação ao reduzir os custos associados ao equipamento de formação e aos ambientes físicos. A título de exemplo, a formação de funcionários em reparação de motores de aeronaves através da realidade virtual é mais económica do que a utilização de equipamento de aeronaves reais para o mesmo fim [3].

4- Ajudar os formandos a manterem-se concentrados: A XR mantém a concentração dos formandos na sua formação, isolando-os das distrações do mundo real. Isto resulta numa maior capacidade de atenção, permitindo uma absorção e aquisição mais rápidas de novos conhecimentos [5].

5- Reduzir os tempos de paragem da fábrica: O XR permite que as empresas prossigam as suas atividades de produção sem interrupções, evitando quebras nos seus rendimentos resultantes de atividades de formação. [6]

6- Orientação em tempo real: A tecnologia XR oferece feedback imediato aos funcionários na linha de produção, poupando tempo ao eliminar a necessidade de rever os recursos de formação

ou de procurar constantemente orientação junto dos supervisores. Esta assistência em tempo real reduz significativamente o tempo despendido na resolução de desafios na linha de produção.

3.1.2 As limitações da utilização de ferramentas XR na formação em fabrico aditivo

Embora as ferramentas XR ofereçam inúmeras vantagens para a formação em Fabrico Aditivo (AM), existem algumas desvantagens e desafios associados à sua utilização. É importante que esteja ciente destes potenciais inconvenientes:

- 1- Custos: O desenvolvimento e a implementação de ferramentas XR num ambiente 3D, juntamente com a manutenção contínua e as atualizações de software, podem ter custos proibitivos [3]. Além disso, o elevado custo do hardware restringe ainda mais o acesso a estas tecnologias, tornando-as inacessíveis a um público mais vasto [8].
- 2- Dificuldades técnicas: A tecnologia XR é relativamente nova, pelo que o processo de implementação pode deparar-se com dificuldades técnicas. Estas questões podem levar a atrasos na formação e reduzir potencialmente a eficácia global do programa de formação [7].
- 3- Ausência de interação pessoal: A formação XR, embora imersiva, não tem a interação pessoal que os métodos de formação tradicionais proporcionam. Isto pode ser uma desvantagem para os formandos que valorizam a interação cara a cara com formadores e colegas [3].
- 4- Enjoo: A utilização da tecnologia XR pode induzir enjoos em certos formandos, comprometendo potencialmente a eficácia global do programa de formação [7].
- 5- Falta de adaptabilidade: A formação baseada em XR carece frequentemente da flexibilidade da formação tradicional, onde os colaboradores podem contribuir ativamente com sugestões e colocar questões. Os programas XR podem ser menos adaptáveis a pedidos individuais, limitando as oportunidades de aprendizagem dos formandos, uma vez que estão limitados por software predefinido.

4. Método

De acordo com os objetivos deste resultado do projeto, os parceiros do projeto AREOLA organizaram uma formação prática para integrar as ferramentas XR no ambiente de formação e

para comparar o método XR e o método prático. As ferramentas XR utilizadas neste trabalho foram desenvolvidas no âmbito do projeto AREOLA.

4.1 Casos de utilização

Para identificar casos de utilização de Fabrico Aditivo adequados para o desenvolvimento de ferramentas XR, foi efetuada uma análise aprofundada das operações práticas que fazem parte da qualificação PBF-LB. O processo de seleção envolveu a avaliação dos dez casos de utilização mais promissores, utilizando uma matriz abrangente que considerou a procura da indústria, a compatibilidade com as ferramentas de formação XR e o valor global para os centros de ensino e formação profissional (EFP) e para os estudantes.

A matriz incluía critérios distintos categorizados para avaliar eficazmente cada caso de utilização potencial descrito na diretriz da EWF para "Internacional Metal AM Operators: Fusão em leito de pó - Feixe de laser". Estes critérios incluem:

- **Critérios de exclusão:** Condições essenciais para a transformação bem-sucedida de conteúdos analógicos em XR, com ênfase em fatores como a disponibilidade e acessibilidade de dados 3D/CAD precisos.
- **Classificação de casos de utilização:** Tendo em conta a capacidade do XR para animações em 3D, esta categoria avaliou a praticabilidade da implementação de conteúdos XR para aplicações práticas ou formação com foco em passos manuais versus conteúdos teóricos.
- **Caso comercial:** para além da viabilidade técnica, este critério examinou os aspetos comerciais e os impactos associados a cada caso de utilização.
- **Avaliação de riscos:** Avaliar o potencial para representar com segurança conteúdos potencialmente perigosos na formação XR, salvaguardando tanto os formandos como o equipamento.
- **Relacionado com XR:** Baseando-se em fatores experimentais, esta categoria considerou aspetos menos dependentes de factos concretos, à semelhança da secção "Caso de Negócio".

O processo de seleção também envolveu uma análise minuciosa da forma como estas operações práticas são atualmente ensinadas, incluindo os materiais de formação associados a cada

Unidade de Competência (UC) no âmbito da qualificação de operador de PBF-LB relacionada com a Unidade de Competência 21: Manutenção de sistemas PBF-LB ao abrigo do Sistema Internacional de Qualificação do Fabrico Aditivo (IAMQS).

Após a seleção dos cenários práticos, foram avaliadas as ferramentas XR disponíveis, tendo o Unity 3D sido escolhido como a ferramenta de software para o desenvolvimento de casos de utilização práticos em Realidade Virtual (RV). O Unity 3D foi selecionado devido à sua utilização generalizada no desenvolvimento de aplicações imersivas, oferecendo capacidades de desenvolvimento e implementação locais, essenciais para cumprir os rigorosos requisitos de segurança de dados no sector aeroespacial.

Um dos casos de utilização identificados para a fase de pilotagem envolve o desenvolvimento e a implementação de uma aplicação XR para o cenário de substituição e alinhamento de lâminas de recauchutagem. Este cenário específico centra-se no alinhamento exato de uma lâmina de revestimento, abrangendo o posicionamento de uma caixa de lâmina de revestimento e os passos processuais para o alinhamento das lâminas de revestimento, conforme ilustrado na imagem 2.



Figura 2: Caso de utilização de uma lâmina de recobrimento

Outro caso de utilização selecionado para desenvolvimento na fase de pilotagem é o cenário de *Inspeção de saúde e segurança*. Este caso de utilização específico visa familiarizar os utilizadores com o equipamento de proteção individual, transmitir conhecimentos sobre os mecanismos de segurança específicos da máquina e fornecer conhecimentos sobre as áreas

críticas de segurança da máquina. O cenário do caso de utilização *Inspecção de saúde e segurança* está representado na Figura 3.

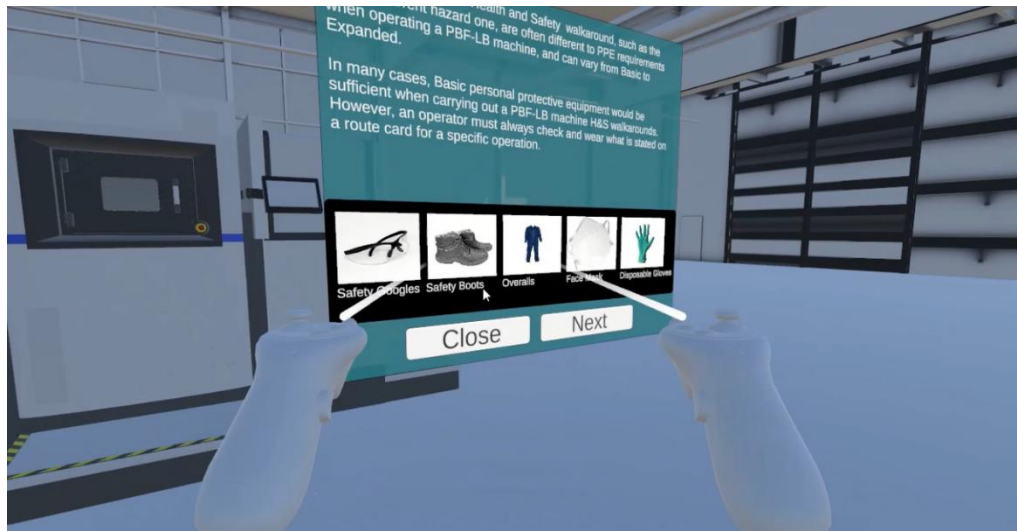


Figura 3: Caso de utilização *Inspecção de saúde e segurança*

O cenário de medição da potência do laser também foi desenvolvido na aplicação XR. Este caso de utilização centra-se na verificação da potência do laser, um procedimento crucial para o trabalho de fabrico aditivo. Dado que o sistema laser desempenha um papel fundamental na geração da energia necessária para a fusão de material particulado, os operadores têm de garantir o seu funcionamento ótimo para evitar qualquer degradação ou alteração. Uma cena do cenário de medição da potência do laser é apresentada na figura 4.

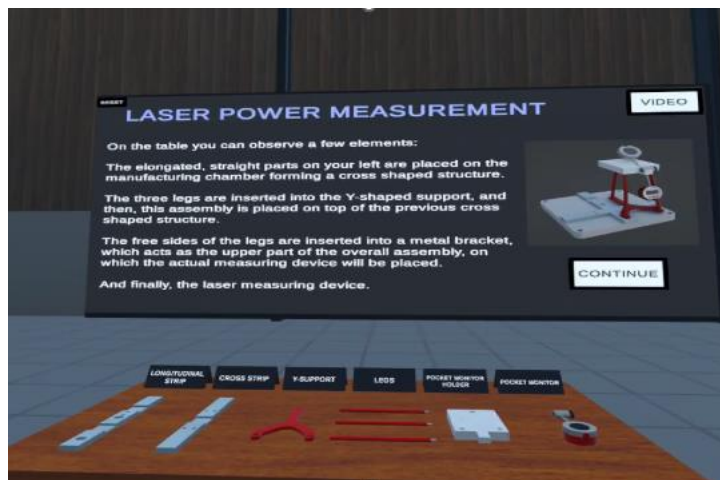


Figura 4: Caso de utilização da medição da potência laser

4.2 Conceção do curso-piloto

O estudo está estruturado como um estudo experimental no contexto do projeto AREOLA. Os estudos-piloto foram realizados em vários locais, incluindo Portugal, Espanha, Alemanha e Reino Unido. Especificamente, a IDONIAL, a EOS e a MTC realizaram estas formações piloto nas suas respetivas instalações. De salientar que a FA colaborou com outra organização em Portugal, nomeadamente o ISQ, e juntos executaram o piloto prático nas instalações do ISQ. É de salientar que alguns parceiros programaram sessões de formação que se estenderam para além de um único dia, indicando a natureza abrangente das atividades de formação realizadas como parte do estudo. Além disso, a Universidade RWTH Aachen, parceiro associado do projeto, realizou uma sessão piloto.

Os parceiros selecionaram um caso de utilização em função do seu modelo de máquina PBF-LB disponível, mas todos os parceiros seguiram o mesmo modelo de recolha de dados para facilitar a comparação das duas metodologias utilizadas no projeto AREOLA. Os pormenores dos projetos-piloto realizados pelos parceiros são apresentados no quadro 1.

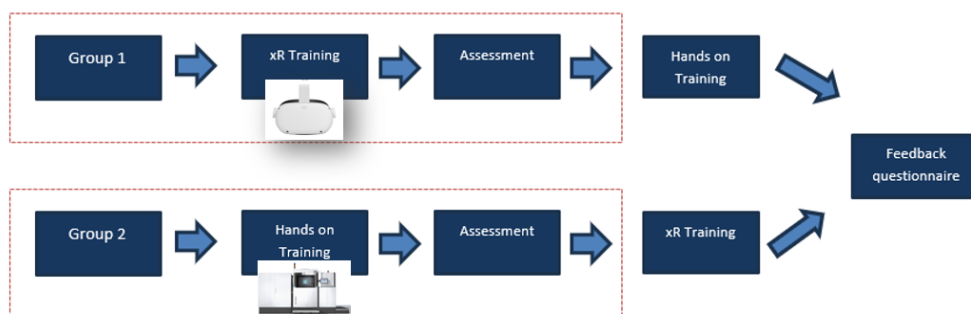
Quadro 1: Detalhes da sessão piloto prática dos parceiros

País	Parceiro	Nº Estagiário	Casos de utilização	Data
Alemanha	EOS	6	Medição da potência laser	19-20 de setembro
		2		14 de novembro de 2023
Portugal	FAN	12	Inspeção de saúde e segurança	13 de novembro de 2023
Espanha	IDONIAL	11	Medição da potência laser	8 de novembro de 2023
		8		14 de novembro de 2023
REINO UNIDO	MTC	5	Lâmina de recobrimento	26 de setembro
		5		18 de outubro
		7		25 de outubro

Alemanha	DAP RWTH (Universidade de Aachen)	4	Inspeção de saúde e segurança	17 de janeiro
-----------------	---	---	----------------------------------	---------------

Os participantes na formação foram divididos em dois grupos: um grupo recebeu formação prática, enquanto o outro participou em sessões do método XR. Ambos os grupos receberam instruções sobre o mesmo conteúdo em ambas as metodologias. Após a conclusão das respetivas sessões de formação, cada participante respondeu a perguntas de avaliação destinadas a captar a retenção de conhecimentos dos formandos. De seguida, os grupos trocaram de metodologias, dando a cada grupo a oportunidade de experimentar ambas as abordagens. No final da formação, os formandos e os formadores preencheram um questionário de feedback especificamente concebido para expressar os seus sentimentos relativamente à utilização destas duas metodologias diferentes. O esquema de conceção da sessão-piloto é apresentado de seguida.

Figura 1: O esboço da conceção do piloto prático seguido por todos os parceiros



Após a finalização da pilotagem prática, os parceiros realizaram mesas redondas virtuais nacionais para validar os resultados da pilotagem, obter informações sobre as lições aprendidas pelos formandos e avaliar o impacto futuro do projeto AREOLA na formação dos operadores do PBF-LB.

4.3 Instrumentos

As perguntas de avaliação foram desenvolvidas pelos parceiros do projeto para cobrir os resultados de aprendizagem do conteúdo da formação. Como mencionado anteriormente, o mesmo conteúdo foi ensinado aos participantes tanto na formação prática como no método XR.

Existem três conjuntos de avaliação diferentes associados ao conteúdo da formação: o cenário de inspeção de saúde e segurança tem três perguntas de escolha múltipla e os cenários de medição da potência do laser e de mudança de lâmina de recobrimento têm quatro perguntas de avaliação.

Para recolher o feedback dos participantes relativamente à sua experiência com os métodos de formação utilizados, foi desenvolvido um questionário de feedback. Existem oito perguntas numa escala de Likert de 4 pontos, incluindo aspetos como a pedagogia, a interatividade, o incentivo à aprendizagem, etc. Alguns exemplos de perguntas são: "Este método foi interativo", "Este método tornou o conteúdo fácil de compreender" e "Gostei deste método de formação".

Além disso, os parceiros elaboraram um questionário de feedback (ver anexo I) para que os formadores expressassem as suas opiniões sobre dois métodos de formação diferentes. Depois de completarem toda a sessão de formação, os formadores responderam ao questionário de feedback. O questionário é composto por três secções: a primeira secção recolhe informações sobre os formadores, a segunda secção destina-se a avaliar os métodos práticos de aprendizagem (4 perguntas, cada uma utilizando uma escala de Likert de 4 pontos) e a terceira secção é composta por perguntas abertas que permitem aos formadores aprofundar as suas opiniões sobre as vantagens, limitações e oportunidades de melhoria.

A recolha de feedback das mesas redondas virtuais foi efetuada através de perguntas de discussão semiestruturadas e os parceiros tiveram a flexibilidade de introduzir perguntas adicionais ou diferentes durante o fluxo da discussão. Exemplos de tais perguntas incluem: "Como é que o curso (tanto teórico como o curso-piloto ministrado no âmbito do projeto AREOLA) contribuiria para o seu futuro no domínio do fabrico aditivo (AM)?" e "O que pensa do impacto potencial do projeto AREOLA na formação dos operadores do PBF-LB?".

4.4 Participantes

Foram realizadas oito sessões-piloto práticas para recolher os dados necessários para comparar estas duas metodologias e chegar ao resultado da percentagem de formação prática que poderia ser ministrada pelo método das ferramentas XR.

No total, 61 participantes assistiram à formação prática de pilotos. A maioria dos participantes (50,9%) situa-se na faixa etária dos 26-40 anos, enquanto 20% estão na faixa etária dos 41-57

anos. Além disso, 18,2% situam-se na faixa etária dos 19-25 anos, 3,6% na faixa etária dos 16-18 anos e, finalmente, 1,8% na faixa etária dos 58 anos ou mais.

49,2% dos participantes são engenheiros, 5,1% são operadores, 22% são técnicos, 3,4% são projetistas e 20,3% escolheram outras opções, especificando-se como estudantes e doutorandos. Quanto ao nível de escolaridade, 44,1% possuem graduação universitária, 18,6% ensino médio completo, 23,7% ensino técnico-profissional. Além disso, 11,9% possuem um grau universitário de mestrado ou doutoramento.

Entre os participantes, 43,6% não tinham experiência prévia com tecnologias XR, 30,9% tinham utilizado a tecnologia anteriormente para fins gerais e 16,4% tinham utilizado ferramentas XR para outros fins de formação.

Além disso, 66 participantes juntaram-se às mesas redondas nacionais virtuais, alguns dos quais já tinham participado nas formações-piloto do projeto AREOLA (teóricas e práticas), enquanto outros estavam a ouvir falar do projeto AREOLA pela primeira vez. Os participantes da mesa-redonda virtual eram do sector da indústria transformadora, principalmente engenheiros, projetistas, formadores/professores de escolas profissionais, prestadores de formação e instituições de ensino superior, bem como estudantes universitários de disciplinas relacionadas (engenharia mecânica e engenharia de materiais).

4.5 Análise de dados

Os dados dos pilotos foram recolhidos através de questionários de avaliação e de feedback. Estes dados recolhidos foram analisados através do SPSS V22. Em primeiro lugar, foi efetuada uma análise descritiva para definir as características da amostra e também para verificar se os dados se distribuíam normalmente ou não. Como os valores de assimetria e curtose se situam entre +3 e -3, a distribuição dos dados é aceite como normal. Para comparar as pontuações médias entre os métodos hands-on e XR no que respeita ao sucesso e à satisfação, foram efetuados testes t. Além disso, foi utilizada a ANOVA para compreender a relação entre a idade, a utilização anterior e a preferência pelas ferramentas XR. Adicionalmente, foi efetuada uma análise de conteúdo para analisar as perguntas abertas nos questionários de feedback e os dados recolhidos através das mesas redondas virtuais.

5. Conclusões

5.1 Pontuação de sucesso entre os métodos hands-on e XR

Foi efetuado um teste t de amostras independentes para comparar as pontuações médias entre o grupo prático ($M = 74,14$, $DP = 19,95$) e o grupo XR ($M = 65,24$, $DP = 30,82$). O teste t não revelou nenhuma diferença estatisticamente significativa nas pontuações entre os dois grupos, $t(60) = 1,32$, $p = 0,19$. (Ver Tabela 2)

Tabela 2. **Resultados do teste t para amostras independentes**

	Método	N	Média	Desvio Padrão	Erro Médio	t
Pontuação	Hands-on	28	74.14	19.95	3.77	1.32
	XR	34	65.24	30.82	5.28	

Os resultados indicam que não há diferença estatisticamente significativa entre a formação com métodos práticos e XR em termos de obtenção de resultados de aprendizagem.

5.2 As diferenças de pontuação de feedback entre o método Hands-on e o método XR

Para analisar as diferenças entre os métodos hands-on e XR, foi efetuado um teste t de amostras emparelhadas. O método de teste foi selecionado porque recolhemos dados emparelhados, o que significa que cada participante experimentou tanto o método prático como o método XR. Com base no resultado da análise do teste t de amostras emparelhadas (conforme apresentado na Tabela 3), não existe uma diferença estatisticamente significativa entre os métodos hands-on ($M = 26,38$, $DP = 7,12$) e XR ($M = 26,75$, $DP = 3,35$), $t(52) = 0,72$, $p >,005$ (bicaudal). A diferença média entre a pontuação do método Hands-on e XR foi de $-0,38$, o intervalo de confiança de 95% para a diferença variou de $-2,51$ a $1,75$.

Tabela 3. Resultados do teste t para amostras emparelhadas

Variável	Mãos à obra	XR
Média (M)	26.38	26.75
Desvio padrão (DP)	7.12	3.35
Estatística t	-.355	
Graus de liberdade (df)	52	
Valor de p	0.724	
IC 95% para a diferença média	[-2.5101, 1.75]	

Os resultados indicam que não existe uma diferença significativa nas experiências dos utilizadores entre os métodos Hands-on e XR.

5.3 As diferenças entre a pontuação de feedback XR e a idade

Para investigar as diferenças nas pontuações de XR em cinco grupos etários (Grupo 1: 16-18 anos de idade; Grupo 2: 19-25 anos de idade; Grupo 3: 26-40 anos de idade; Grupo 4: 41-57 e Grupo 5: 58+), foi efetuada uma ANOVA unidirecional, cujos resultados são apresentados na Tabela 4. Os resultados da ANOVA produziram um $F(4,47)=1,16$, p -valor=0,34. Por conseguinte, não existe uma diferença significativa nas pontuações XR entre os cinco grupos etários.

Tabela 4. Os resultados da ANOVA mostram diferenças nas pontuações de feedback das ferramentas XR com base na idade

Fonte de variação	Soma de quadrados	de Graus de liberdade (df)	de Quadrado médio	Estatística F	Valor de p
Entre grupos	58.43	4	14.61	1.16	0.34
Dentro dos grupos	591.80	47	12.59		
Total	650.23	51			

A análise sugere que a idade não parece desempenhar um papel significativo no facto de os indivíduos favorecerem a utilização da tecnologia XR.

5.4 As diferenças entre a pontuação de feedback do XR e a utilização anterior do XR

Para investigar as diferenças entre a utilização anterior de ferramentas XR nos três grupos de experiência anterior (Grupo 1: Sim, noutra formação; Grupo 2: Sim, mas apenas de uma forma geral; Grupo 3: Não) e o favorecimento das ferramentas XR, foi utilizado o teste ANOVA de uma via, como mostra a Tabela 5. Os resultados da ANOVA revelaram um $F(2,50)=0,07$, $p\text{-value}=0,94$. Com base nos resultados, não há diferença significativa nas pontuações médias de XR entre os três grupos de experiência anterior.

Tabela 5. Os resultados da ANOVA mostram diferenças nas pontuações de feedback das ferramentas XR com base na utilização anterior de ferramentas XR

Fonte de variação	Soma de quadrados	de Graus de liberdade (df)	de Quadrado médio	Estatística F	Valor de p
Entre grupos	1.71	2	.86	.07	.94
Dentro dos grupos	650.1	50	13		
Total	651.81	52			

Estes resultados sugerem que não existe uma diferença estatisticamente significativa nas pontuações XR entre a experiência anterior do utilizador. Em conclusão, a familiaridade com a tecnologia XR não é um fator determinante para favorecer as ferramentas XR para formação com base no resultado da ANOVA.

5.5 Ideias dos participantes sobre os métodos de formação utilizados

Os participantes também escreveram as suas ideias sobre as vantagens e os aspetos limitados de ambos os métodos. As suas respostas foram resumidas e categorizadas com base nas respostas comuns abaixo.

5.5.1 Vantagens do método de formação prática

Os participantes expressaram as suas opiniões sobre a parte mais apreciada do método de formação prática. A maioria dos participantes concordou que a formação prática oferece oportunidades aos formandos. Por exemplo, permite a interação entre formador e formando, a proximidade com equipamento real e permite que os formandos recebam feedback imediato dos formadores. Seguem-se algumas citações dos participantes:

- Pode fazer perguntas ao professor. (PT12)
- Experiência prática, condições realistas, feedback imediato. (SP2)
- O formador pode detetar rapidamente os erros em muitas coisas e melhorá-los imediatamente. (DE3)
- Interação mais direta e possibilidade de colocar questões personalizadas. (SP6)
- Trabalhar com materiais reais proporciona-lhe uma compreensão mais abrangente (SP5)
- Pode ver e tocar fisicamente naquilo em que está a trabalhar. (UK2)
- Ter as peças realmente à mão, estimar o peso e a capacidade de gestão. (DE6)

5.5.2 Vantagens da utilização do método XR

Os participantes afirmaram que a utilização do método XR tem algumas vantagens, por exemplo, facilita a interação com a máquina, permite a personalização dos conteúdos, deixa os formandos mais à vontade sem receio de falhas e lesões, não interrompe o processo de produção e, por último, permite a formação à distância e a aprendizagem individualizada. Algumas citações dos formandos são apresentadas de seguida;

- É uma forma mais fácil e mais confortável de interagir com a máquina. (PT7)
- Compreendeu melhor a máquina antes de trabalhar com ela. (UK10)
- Estruturado; fica com uma boa impressão e sente-se preparado para ir para a máquina. (DE3)
- Tem muitas possibilidades de personalização dos conteúdos. (PT9)

- Formação individualizada, interação com o ambiente sem riscos, familiarização com os materiais, apoio visual e auditivo. (SP8)
- Imersão e realismo, aprendizagem prática sem medo de falhar, feedback imediato. (SP2)
- Não é necessário parar a produção para que a formação tenha lugar. (SP4)
- Não há risco de ferimentos ou de danificar o equipamento. A aprendizagem pode ser efetuada sem interferir com a máquina real. (SP5)
- Poder realizar a formação à distância. Vários alunos podem praticar em simultâneo. (SP9)
- Ser capaz de interagir com uma máquina que não tem fisicamente disponível. (SP10)
- Formação à distância sem equipamento. (SP14)
- A RV permitiu que a operação se efetuasse em qualquer ambiente. (UK14)

5.5.3 Limitações da utilização do método de formação prática

Os participantes referiram algumas limitações da utilização de métodos de formação prática. Afirmaram que o método prático carece de repetição e aperfeiçoamento, de reflexão autónoma e de exercícios práticos individuais. De seguida, apresentam-se algumas citações dos participantes;

- Não repetível; esquece-se mais depressa das coisas porque não pode repetir sem o treinador. (DE3)
- Precisa de mais tempo para refletir de forma autónoma e recordar os conhecimentos adquiridos. (DE4)
- Precisa de incluir um exercício prático. (PT2)
- Precisa de mais tempo com a máquina para se familiarizar mais com ela. (PT3)

5.5.4 Limitações da utilização do método XR

Os participantes assinalaram certas limitações na utilização de métodos XR com base nas suas experiências específicas. Estas limitações incluem a redução da interatividade e da qualidade visual dos conteúdos, a falta de opções multilingues, a falta de familiaridade com a tecnologia, as limitações tácteis da tecnologia XR e considerações espaciais. Eis alguns exemplos de citações dos participantes:

-Deve ser mais interativo, a informação e os conteúdos gráficos devem tirar partido das capacidades de RV. (PT9)

- Opção para escolher a língua das explicações e do texto. (SP7)

-Implemente todas as etapas do processo, incluindo as máquinas auxiliares e os vários casos e problemas que possam surgir. (SP11)

O facto de não estar familiarizado com os controlos XR pode distrair-se dos resultados de aprendizagem da formação (UK5)

-Mais espaço aberto para passear. (UK7)

-Para ter uma noção básica e aprender os procedimentos é ótimo, mas não é bom para aprender os parâmetros exatos. (DE2)

5.6 Utilização do método XR como ferramenta complementar

Os participantes foram inquiridos sobre a sua opinião relativamente à utilização do método XR como ferramenta complementar da formação prática. A maioria deles revelou que o método XR pode ser utilizado como ferramenta complementar para melhorar a formação prática, diminuindo as preocupações com a segurança, permitindo a familiarização com a máquina e a prática de ações, a formação remota e flexível, a poupança de tempo e de custos e o aumento da informação. De seguida, apresentam-se alguns exemplos de citações dos participantes.

-Mais informação poderia ser apresentada no mundo da RV e ainda mais interativa. (PT4)

-As coisas que não podem ser feitas com as mãos podem ser colocadas no virtual. (PT6)

-É mais fácil repetir a formação no RV e a abordagem prática dá-lhe mais espaço para perguntas e mais informações. (PT7)

-É mais seguro com XR (PT8)

-Vejo a oportunidade de introdução ao equipamento/procedimentos com a RV e menos tempo gasto em formação no local. (PT9)

Sim, se a formação virtual vier primeiro, o operador sentir-se-á mais confiante durante a formação baseada na máquina. (SP1)

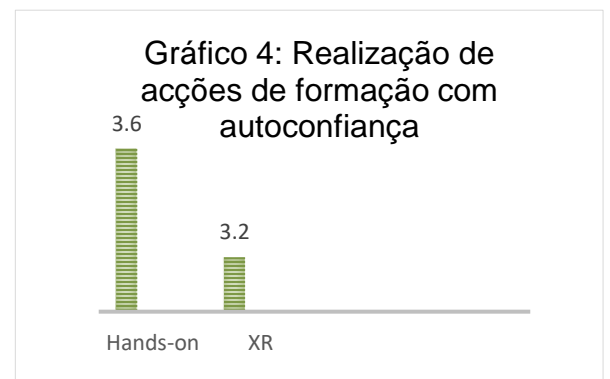
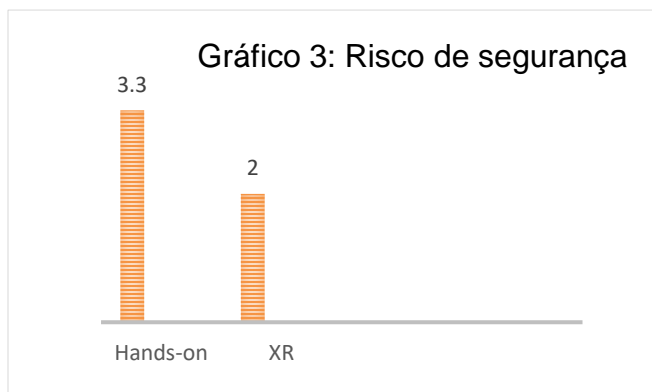
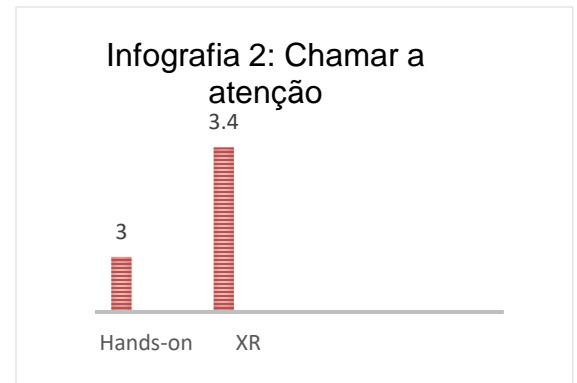
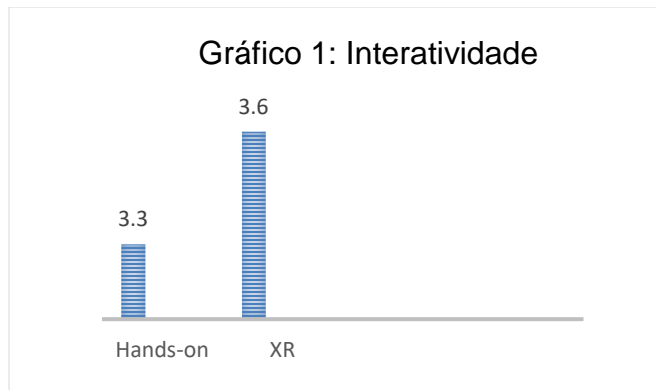
-Autoconfiança / familiaridade significativamente maior com a máquina, aprendizagem confiante dos movimentos no espaço à volta da máquina. (DE4)

Praticar em RV até interiorizar o processo, e depois executá-lo na máquina sob supervisão para apreciar os pormenores reais que a RV ainda não alcançou. (SP3)

- Com a formação em RV, pode praticar com segurança até que as etapas do processo se tornem automáticas e, com a formação baseada em máquinas, pode ver a realidade real. (SP11)
- É uma experiência complementar e um local seguro para experimentar novos processos. (UK6)
- A possibilidade de cometer erros. (SP14)
- Embora a RV se aproxime da realidade, é sempre aconselhável combinar os dois métodos, especialmente para operações críticas. (SP16)
- Pode ser feito à distância e a um ritmo individual. (UK1)
- A formação virtual seria um primeiro passo muito útil e informativo na formação de máquinas, permitindo que o elemento prático seja direcionado para as necessidades específicas. (UK5)
- Familiaridade com a máquina; as ações são conhecidas e praticadas, pelo que tem mais tempo para outras informações sobre a máquina. (DE6)
- XR - mãos à obra é um ótimo caminho a seguir. (UK10)
- Pode fazer a formação em qualquer lugar e não precisa de ter a máquina para aprender. (UK11)
- Poupança de tempo, componente local; sem paragem da máquina durante a formação. (DE1)
- Sim, se um formador estiver disponível para perguntas de acompanhamento, é uma boa preparação; menos custos, -Formação mais rápida e flexível; repetível; não pode danificar nada. (DE3)

5.7 Feedback dos formadores sobre a comparação entre a prática e a utilização de ferramentas XR

Os formadores responderam ao questionário de feedback depois de concluírem a formação. Foram colocadas algumas questões para compreender o seu ponto de vista sobre a interatividade, a captação da atenção dos formadores, os riscos de segurança e o sentimento de confiança ao ministrar a formação. Com base nas suas respostas, foram calculadas pontuações médias para cada campo. A pontuação mínima é 0 e a pontuação máxima é 4 para cada domínio. Os gráficos seguintes foram criados para mostrar os resultados visualmente.



Com base nos dados comunicados pelos formadores, o método XR parece ser mais interativo e bem-sucedido na captação da atenção dos formandos durante a formação. Além disso, os formadores referiram que o método XR oferece um ambiente mais seguro para a formação prática. No entanto, apesar destas vantagens, os formadores continuam a manifestar um maior nível de confiança quando ministram formação prática.

Os formadores também partilharam as suas opiniões sobre as vantagens dos métodos hands-on e XR. Algumas das vantagens do método de formação prática são apresentadas abaixo com citações diretas dos formadores.

- A formação prática é mais "fluida", no sentido em que pode ser mais facilmente adaptada aos formandos. É também mais rápida para públicos maiores, uma vez que pode ser realizada por várias pessoas ao mesmo tempo. O tempo necessário para executar este método de formação é também bastante constante, uma vez que o formador demora normalmente o mesmo tempo, enquanto para a XR pode demorar mais ou menos tempo, dependendo do formando. (T1)

- Melhor percepção das tarefas devido ao manuseamento manual (T4)

- Visão detalhada da máquina e apresentação efetiva das etapas. Possibilidade de colocar questões. (T5)

Além disso, as vantagens da utilização do XR são destacadas como

- Para além das vantagens óbvias em termos de H&S, a formação XR é uma abordagem mais fácil para começar. Também proporciona um ambiente mais livre de stress, uma vez que não existe o perigo de danificar as máquinas reais. Isto permite ao utilizador realizar operações que seriam perigosas ao vivo, tantas vezes quantas as necessárias antes de passar para a realidade. A formação XR também pode ser repetida tantas vezes quantas as necessárias, de modo a aumentar a compreensão.

A formação XR não necessita de uma máquina para ser utilizada, o que reduz consideravelmente os custos da formação.

Uma questão fundamental na formação XR é que a sua eficácia está diretamente relacionada com a qualidade do cenário, e a sua eficácia tem de ser medida caso a caso. (T1)

- Sem contacto com o pó + rápido + sem necessidade de EPI + reproduzível + depende fortemente da qualidade do programa de RV. (T3)

- Pode preparar os conhecimentos de base dos formandos, de modo que não ocorram "esmagamentos" durante a formação. (T4)

- Elimina o perigo, elimina o conflito de disponibilidade da máquina. (T5)

Os formadores foram também inquiridos sobre a utilidade das ferramentas XR na formação prática, 100% dos quais responderam afirmativamente. Além disso, em média, consideraram que 50% da formação prática poderia ser substituída por ferramentas XR.

5.8 Resultados da mesa-redonda virtual

A validação dos resultados do projeto-piloto foi realizada de forma robusta através de mesas redondas virtuais nacionais, envolvendo participantes de diferentes origens. Entre os participantes encontravam-se aqueles que já tinham participado em formações AREOLA e outros que se depararam com o projeto AREOLA pela primeira vez. A análise de conteúdo revela uma visão geralmente positiva do projeto AREOLA, sublinhando o seu potencial para melhorar a formação dos operadores do PBF-LB através da aprendizagem prática, da redução de custos e

de impactos organizacionais mais amplos. As respostas também destacam a necessidade de uma abordagem equilibrada, combinando a formação virtual com demonstrações ao vivo. De seguida, apresentamos algumas citações dos participantes.

- "Pode ser útil para aprender a trabalhar com sistemas PBF-LB independentemente da sua localização!"

- "Muito boas oportunidades na produção orientada para o futuro"

- "Menos ocupação de máquinas devido à formação em RV"

- "Introduz uma ferramenta de formação extremamente poderosa. Permite uma formação mais autónoma e orientada."

Além disso, os participantes que frequentaram a formação AREOLA consideram que o curso foi benéfico para a aplicação prática, apoiando os esforços de formação, melhorando o trabalho atual em impressão 3D e proporcionando vantagens para o desenvolvimento de futuras carreiras no domínio do fabrico aditivo. É igualmente reconhecido o papel do curso na aquisição de conhecimentos e no alargamento da compreensão das possibilidades de fabrico aditivo. De seguida, apresentam-se algumas citações dos participantes.

- "Pode compreender muito da informação que recebeu e aplicá-la no seu dia a dia, seja na manutenção ou na reparação de coisas simples numa impressora 3D."

- No domínio dos componentes, isto é prático para a produção futura, uma vez que já tem conhecimentos prévios."

- "É bom conhecer as possíveis aplicações; obtive uma visão geral das possibilidades do fabrico aditivo."

- "Partes da formação podem ser substituídas por um ambiente virtual e o material pode ser poupado".

- "Adquiriu conhecimentos que podem ser utilizados na impressão 3D, conhece vários processos para fabricar componentes melhor/mais rapidamente.

Os participantes indicam que muitos tópicos possíveis podem ser fornecidos através de ferramentas XR na formação de operadores PBF-LB, com menções de segurança, otimização e

aplicação a diversas áreas no domínio do fabrico aditivo. Consulte as seguintes citações para obter alguns comentários dos participantes.

- "Tipos de pó, resolução de problemas de máquinas"
- "Pode verificar e otimizar antecipadamente determinadas etapas de trabalho."
- "O AM é muito amplo e tem muitos outros subtópicos, seja na utilização de processos ou na calibração/manutenção de equipamentos."
- Na minha opinião, a formação XR será aplicada numa grande variedade de áreas, como a soldadura, a maquinagem, o CNC e outras."

Por último, os participantes na mesa-redonda consideraram o projeto interessante e alguns manifestaram a sua intenção de acompanhar os resultados do projeto. Além disso, outros mencionaram que visitariam o sítio Web do projeto, se necessário, o que indica uma receção positiva e um interesse permanente nos desenvolvimentos do projeto.

6. Discussão

As tecnologias XR têm sido utilizadas principalmente para formação prática, com ênfase em tarefas práticas comuns na utilização industrial. No entanto, é necessária mais investigação para explorar a forma como a XR pode ser integrada em programas de formação para complementar e possivelmente até substituir as abordagens de formação tradicionais [11]. Para preencher esta lacuna, este relatório compara a eficácia do método XR com a formação prática tradicional. A análise dos resultados para os resultados de aprendizagem dos programas de formação indica que não há diferença significativa entre o método de formação prática e o método de formação XR. O desempenho dos formandos na avaliação encontrou resultados bastante semelhantes. Isto implica que ambos os métodos são igualmente eficientes em termos de aquisição das competências e conhecimentos definidos nos resultados da aprendizagem, e os formadores sugerem que 50% do programa de formação prática para a qualificação de operadores de PBF-LB possa ser realizado utilizando as ferramentas XR.

A análise dos resultados do feedback dos formandos revelou uma descoberta notável - não houve diferença significativa na perceção da eficácia entre os métodos das ferramentas práticas e XR. Este resultado sugere que os formandos consideraram ambos os métodos de forma semelhante em termos de eficácia pedagógica, interatividade, incentivo à aprendizagem e

criação de confiança. Este alinhamento na perceção enfatiza o potencial das ferramentas XR como uma alternativa igualmente viável e eficaz aos métodos práticos tradicionais. Além disso, com base na análise dos resultados, a idade e a utilização anterior de ferramentas XR não têm um impacto significativo na perceção dos utilizadores através do método XR. Por conseguinte, o método pode ser utilizado por pessoas de várias idades e não requer conhecimentos técnicos ou competências elevadas para gerir a ferramenta XR.

Além disso, os participantes articularam várias vantagens associadas à utilização de ferramentas de XR, incluindo a facilitação de experiências de aprendizagem individualizadas e ao seu próprio ritmo, o potencial para formação remota, uma redução do tempo e dos custos associados aos programas de formação e uma medida preventiva contra danos ou prejuízos quando se depara com máquinas pela primeira vez. Além disso, a observação de que a utilização dos métodos XR não perturba os processos de trabalho e de produção das máquinas surgiu como outra vantagem significativa apreciada pelos formandos. A perceção da eficácia e o reconhecimento de várias vantagens são promissores para a integração das ferramentas XR nas metodologias de formação.

Apesar das vantagens evidentes da integração de ferramentas XR na formação, os participantes salientaram algumas limitações que merecem ser consideradas. Um pré-requisito essencial para uma formação eficaz em XR é o desenvolvimento da própria ferramenta XR com boa qualidade e alta resolução. Este facto sublinha a importância de investir nos aspetos tecnológicos da RX para garantir uma experiência de aprendizagem imersiva e sem descontinuidades.

Além disso, apesar dos resultados quantitativos, a análise demonstrou que o facto de ter experiência prévia com as ferramentas de XR não deu quaisquer vantagens aos participantes em relação aos que não tinham experiência com as ferramentas. É importante notar que a falta de conhecimento ou familiaridade dos formandos com estas ferramentas pode ser uma barreira potencial à aprendizagem efetiva através da XR. Esta observação enfatiza a necessidade de programas de formação abrangentes que não só incorporem as ferramentas XR, mas também forneçam orientação adequada aos utilizadores.

Além disso, os participantes salientaram a importância de um ambiente de formação bem organizado, destacando a necessidade de espaço suficiente para acomodar o movimento e a marcha durante as sessões de XR. O não cumprimento destas condições pode ter um impacto negativo na eficácia da formação baseada em XR. Abordar estas considerações torna-se

fundamental para otimizar a implementação das ferramentas de XR, assegurando que os seus benefícios são maximizados ao mesmo tempo que se atenuam os potenciais desafios.

Não só os formandos estão satisfeitos com a utilização das ferramentas XR na formação prática, como também os formadores estão satisfeitos com a experiência. Os formadores elogiam a interatividade, a segurança e a eficácia dos materiais XR para captar a atenção dos formandos. Salientam a vantagem significativa de os formandos adquirirem informações fundamentais e conhecimentos práticos antes de se envolverem com máquinas reais, proporcionando uma valiosa experiência preparatória. A possibilidade de os formandos repetirem os exercícios sempre que necessário para solidificar os conhecimentos e as competências é também salientada pelos formadores. Estas vantagens coletivas são consideradas como oportunidades incríveis para melhorar o processo global de formação. Ao explorarmos as perspetivas dos formandos e dos formadores, torna-se evidente que a integração das ferramentas XR não só satisfaz os formandos, como também contribui para a eficácia e eficiência do ambiente de formação.

O envolvimento dos participantes em mesas-redondas virtuais nacionais forneceu informações valiosas sobre a utilização de ferramentas XR na formação AM, contribuindo significativamente para a nossa compreensão. Em particular, a maioria dos participantes apoiou as conclusões derivadas dos resultados do piloto, enfatizando as ferramentas XR como ativos inovadores e poderosos para a realização de formação.

Além disso, os participantes articularam várias vantagens associadas às ferramentas XR, incluindo os aspetos cruciais de maior segurança, maior autonomia de aprendizagem e uma redução notável do custo global da formação. Esta afirmação dos benefícios sublinha o potencial impacto transformador das tecnologias XR nas metodologias de formação. Mais importante ainda, os participantes também manifestaram uma perspetiva de futuro, prevendo que a adoção generalizada das tecnologias XR conduzirá a um aumento das oportunidades de formação e do acesso a estes materiais de formação.

7. Conclusão

Em conclusão, os resultados da formação prática piloto sugerem que a implementação do método XR na formação prática de operadores de máquinas PBF-LB é uma opção viável. Este método pode ser integrado na formação, quer através da execução de tarefas complexas e

arriscadas exclusivamente através de XR, quer fornecendo aos formandos informações essenciais antes de se envolverem com a máquina real. Deste modo, a abordagem visa evitar acidentes e lesões e permite também que os formadores dediquem menos tempo à transmissão de informações básicas.

No entanto, é essencial que os prestadores de formação assegurem que os formandos possuem os conhecimentos necessários para utilizar a tecnologia XR. Para o efeito, os formadores podem oferecer orientações, instruções ou demonstrações para familiarizar os formandos com a tecnologia. Esta abordagem proactiva garante que os formandos estão bem preparados e são proficientes na utilização de ferramentas XR antes de participarem em sessões de formação prática.

Tendo em conta os resultados dos estudos-piloto, apresentam-se em seguida algumas recomendações;

- Desenvolva ferramentas XR com excelente qualidade e alta resolução.
- Familiarize os formandos com a utilização, navegação e controlo da ferramenta XR antes da formação.
- Assegure espaço suficiente para as atividades de formação imersiva em XR.
- Integre e utilize os métodos XR antes de iniciar a formação prática para melhorar a progressão da aprendizagem.
- Utilize métodos XR para formação em ambientes ou cenários de alto risco.

Estes resultados valiosos dos testes-piloto na AREOLA podem ser de grande utilidade para os prestadores de EFP ou outras instituições que prestam EFP, como o ensino superior, para integrar as ferramentas XR na formação prática, seguindo as recomendações do relatório. Estes resultados serão também utilizados para rever a atual diretriz de aprendizagem combinada (IAB-95) no âmbito do projeto 5, nomeadamente a "Diretriz de Implementação da Aprendizagem Combinada".

8. Referências

1. Fundação para o Design de Interação. (Ano) 'Extended Reality (XR)' (Realidade alargada (XR)). Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/extended-reality-xr>
2. Pomerantz, J. (2019) "XR para o ensino e a aprendizagem: Year 2 of the EDUCAUSE/HP campus of the future project (ECAR Research Report)". EDUCAUSE. Available at: <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2019/10/2019hpxr.pdf?la=en&hash=306474918AA2F101DDDCABD59E4366AD7244D572>
3. Golubenko, S. (2019). *Prós e contras da utilização da tecnologia XR na formação dos trabalhadores*. Disponível em: <https://www.td.org/insights/pros-and-cons-of-using-xr-tech-in-employee-training>. (Acedido em: 21 de outubro de 2023).
4. Infopulse. (2022). *O lugar da realidade alargada na estratégia de transformação digital para a indústria transformadora: Use Cases and Benefits*. Disponível em: <https://www.infopulse.com/blog/xr-manufacturing-digital-strategy>. (Acedido em: 21 de outubro de 2023).
5. Raizada, A. (n.d). *Benefícios da tecnologia de realidade alargada para o fabrico*. Disponível em: <https://copperdigital.com/blog/extended-reality-utilization-in-manufacturing-sector/> (Acedido em: 21 de outubro de 2023)
6. Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H. e Makedon, F. (2020). Uma revisão das tecnologias de realidade estendida (XR) para treinamento em manufatura. *Technologies*, 8(4), p.77. doi:<https://doi.org/10.3390/technologies8040077>.
7. Fransson, G., Holmberg, J. e Westelius, C. (2020). Os desafios da utilização da realidade virtual montada na cabeça nas escolas do ensino básico e secundário, na perspetiva dos professores. *Educação e Tecnologias da Informação*, 25(4), pp.3383-3404. doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10119-1>.
8. Chao, C.-J., Wu, S.-Y., Yau, Y.-J., Feng, W.-Y. e Tseng, F.-Y. (2017). Efeitos da realidade virtual tridimensional e dos métodos de treino tradicionais na carga de trabalho mental e no desempenho do treino. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 27(4), pp.187-196. doi:<https://doi.org/10.1002/hfm.20702>.
9. Brandon Antonio Cárdenas-Sainz, María Lucía Barrón-Estrada, Ramón Zataráin-Cabada e Maria Elena Chavez-Echeagaray (2023). Avaliação da tecnologia de realidade estendida (XR) na motivação para aprender física entre alunos de escolas mexicanas. 3, pp.100036–100036. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100036>.



Co-funded by
the European Union

10. De Lorenzis, F., Praticò, F.G., Repetto, M., Pons, E. e Lamberti, F. (2023). Realidade virtual imersiva para treinamento de procedimentos: Comparando abordagens tradicionais e de aprendizagem por ensino. *Computers in Industry*, 144, p.103785. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103785>.

11. Schreer, O.; Pelivan, I.; Schäfer, R.; Sabbah, Y.; Royan, J.; Deschanel, M.; Verly, J.; Gallez, A.; Grain, S.; Gérard, A.; et al. XR4all: Moving The European XR Tech Industry Forward: Final Research Agenda 2020. Disponível online: https://xr4all.eu/wp-content/uploads/xr4all_finalresearchagenda_2020_public.pdf (acedido em 26 de outubro de 2022).