



areola

Ar/vr foR aErOspace pfb-Lb operAtors

Project Number: 2021-1-PT01-KA220-VET-000034876

Relatório de Análise de Necessidades de Validação



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Revision	Date	Author/Organisation	Description
1 st	30.09.2022	EOS	First draft
2 nd	07.10.2022	EOS	Additional interview findings
3 rd	04.11.2022	EOS / Fan3D	Report revision based on final partner's feedback
4 th	04.11.2022	MTC	Final review

Tabela de Conteúdos

1. Prefácio	3
2. PR1 Apresentação	4
2.1 Informação geral	4
2.2 Tarefa 1: Análise Interna e Pesquisa de Gabinete	4
2.2.1 Aprendizagem Combinada / Rastreo da Realidade Alargada	4
2.2.2 Matriz de Avaliação XR	6
<i>XR Relacionado</i>	7
2.2.3 Conclusão	7
2.3 Tarefa 2: Desenvolvimento de Diretrizes de Entrevista	8
2.4 Tarefa 3: Análise dos Resultados das Entrevistas	8
2.4.1 Apresentação dos Resultados	8
2.4.2 Conclusão	20
1. Anexo	23
Anexo 1: Análise Blended Learning / Extended Reality	23
Anexo 2: Matriz de Avaliação XR	24
Anexo 3: Guião de Entrevista	25

1. Prefácio

O PR1 estabelece a base para o trabalho que será desenvolvido no projeto AREOLA. Desde a introdução do Fabrico Aditivo (AM) há mais de três décadas, a indústria tem lutado com a escassez de profissionais qualificados nessa área. Este problema é particularmente notório na área rapidamente adotada do PBF-LB com metais (Powder Bed Fusion Laser-Beam) onde existe uma escassez de operadores e engenheiros. A pandemia do COVID-19 expôs o problema de confiar apenas na formação presencial. Para enfrentar esta questão, a formação deve melhorar e evoluir continuamente para tirar partido das novas ferramentas de formação digitais. O objetivo do projeto AREOLA é ajudar a resolver a escassez de operadores PBF-LB através da utilização de tecnologias de Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR), particularmente para substituir a formação prática.

A necessidade de melhorar a formação AM já constava do roteiro da Estratégia de Competências AM em 2021, desenvolvido no projeto Erasmus+ SAM (Sector Skills Strategy in AM Sector), onde a "luta por trabalhadores no FA qualificados e falta de conhecimento de FA por parte dos trabalhadores/estudantes existentes", bem como a "falta de centros de formação, especialmente a nível do Ensino e Formação Profissional (EFP), capazes de fornecer formação em FA", foram identificados como fatores a colmatar no setor do FA. Em termos de oferta de formação, embora haja uma série de cursos disponíveis nas universidades centrados no FA (a partir do exemplo da Universidade de Cranfield no Reino Unido), no entanto, estes são principalmente a nível de mestrado (nível 7 no Quadro Europeu de Qualificações). Destinam-se a um nível académico relativamente elevado e, portanto, podem ser inacessíveis para muitos trabalhadores que poderiam potencialmente ser "qualificados". Neste sentido, considera-se necessário um número mais elevado de qualificações para os níveis mais baixos do QEQ no sistema de educação do FA, de preferência qualificações reconhecidas a nível europeu/internacional. Por outro lado, processos de produção altamente complexos, diversos e intensivos em conhecimento, como o FA, irão exigir um elevado nível de especialização de competências e conhecimentos que ainda não está a ser abordado pela grande maioria dos centros de formação em FA. Além disso, de acordo com os estudos realizados no projeto SAM, os prestadores de formação providenciam a sua formação nas instalações do cliente ou no próprio centro de formação. Outra proporção significativa dos cursos de formação é oferecida online. Em resumo, pode concluir-se que os prestadores individuais utilizam várias formas de oferecer formação (nas instalações da empresa/centro de formação ou como mistura de formação presencial e online, por exemplo, formação mista).

O projeto AREOLA pode ser visto como um desenvolvimento lógico que responde a algumas das preocupações levantadas no projeto SAM, especificamente ao abordar a necessidade de fornecer formação prática numa abordagem mais flexível, acessível, eficiente e escalável. Desta forma, o projeto ajudará a apoiar o grande número de empregados que até agora têm sido negligenciados pelas oportunidades de aprendizagem tradicional e cujo potencial de requalificação se perderia como resultado. Os operadores de máquinas de sistemas PBF-LB metálicos enquadram-se precisamente neste grupo-alvo.

2. PR1 Apresentação

2.1 Informação geral

Para a análise interna detalhada, o conteúdo do perfil de formação profissional existente para operadores de PBF-LB de metais no FA (definido no sistema internacional de qualificações FA - IAMQS - desenvolvido no âmbito do projeto SAM) foi primeiro analisado por investigação documental no que diz respeito à sua composição e viabilidade para a implementação da Realidade Aumentada ou/e da Realidade Virtual. A seguir, as abreviaturas "AR" e "VR" são também utilizadas para os termos "Realidade Aumentada" e "Realidade Virtual". Além disso, será utilizada a abreviatura "XR", que significa o termo coletivo "Realidade Alargada" e inclui as tecnologias AR e VR.

Este primeiro passo é realizado na secção 2.2.1 por meio de uma aprendizagem combinada e de um rastreio AR/VR. Em detalhe, isto implica que cada unidade de aprendizagem ("Unidade de Competência" ou "CU") do perfil de formação foi examinada relativamente ao seu potencial para aprendizagem combinada ou apoio AR/VR.

Para a segunda etapa da análise dentro do PR1 (Resultado do Projeto 1), foi concebida uma matriz de avaliação que permite analisar mais detalhadamente os casos individuais de utilização, dentro do conteúdo de aprendizagem previamente identificado. Eventualmente, cada um destes casos de utilização terá sido avaliado e classificado com base numa lista de critérios. A pontuação de avaliação resultante permite uma avaliação pragmática de quão adequado é o caso de uso individual para revisão com ferramentas XR. O PR3 fará uso deste modelo para finalizar a análise de casos de uso potencial para permitir a seleção dos cenários a serem abordados utilizando a formação com XR.

2.2 Tarefa 1: Análise Interna e Pesquisa de Gabinete

2.2.1 Aprendizagem Combinada / Rastreio da Realidade Alargada

Uma parte importante da investigação documental é representada pela análise do perfil de formação existente para o operador de PBF-LB de FA metálico, cada unidade de competência foi revista tendo em conta quatro perspetivas: formação, didática, XR e normas, como mostra a

Figura 1.

AREOLA Course Objectives		CU Analysis				Comments
Content	Contact Hours	Training	Norms	Didactics	XR	
PBF-LB Process Principles	2h		x	x	x	shorter!
PBF-LB System - Hardware and Software	4h	x	x	x	x	shorter!
PBF-LB Parameters	3h	x	x	x		shorter!
PBF-LB Feedstock	2h		x	x		shorter!
PBF-LB Consumables	2h		x	x		shorter!
Post Processing	1h	x	x	x	x	

Figure 1: Rastreamento BL/XR

As colunas sob o primeiro título "Objetivos do Curso AREOLA" são diretamente deduzidas do conteúdo do perfil de formação. "Conteúdo" especifica os pacotes únicos de aprendizagem declarados no perfil, enquanto "Horas de contacto" representa o tempo que o formador e o aluno passam fisicamente juntos para processar o conteúdo específico.

O segundo título ("Análise CU") resume a investigação documental. Aqui, cada conteúdo de aprendizagem foi avaliado com respeito às seguintes abordagens que poderiam ser implementadas, nomeadamente;

- Formação (presencial)
- Didáctica (conceitos de aprendizagem como o eLearning)
- XR (conteúdo de realidade alargado)

Além disso, a conformidade do respetivo conteúdo de aprendizagem com a norma ISO/ASTM 52942 "Fabrico Aditivo - Princípios de Qualificação - Qualificação de Operadores de Máquinas e Equipamentos de Fusão de Cama de Pó de Metal a Laser utilizados em Aplicações Aeroespaciais" foi verificada, na medida do possível, com base nos dados disponíveis. Esta diretriz representa a base da educação em AM para a indústria Aeroespacial. Estabelece a normalização a nível mundial da certificação de operadores de máquinas em PBF-LB na indústria aeroespacial. Fabricantes, fornecedores e clientes devem poder confiar no nível de formação dado, se a certificação for recebida.

Para assegurar que a norma não perca a sua validade para os nossos módulos, as atividades que são expandidas ou substituídas digitalmente devem ser cuidadosamente selecionadas. Assim, a seguinte investigação foi realizada conscienciosamente, a fim de evitar um possível comprometimento da aceitação do certificado.

2.2.2 Matriz de Avaliação XR

O rastreio da utilização de Aprendizagem Combinada e XR na secção 2.1.1 mostrou um grande potencial para a aplicação de XR no âmbito do percurso de aprendizagem. Em seguida, para a análise do potencial de possíveis casos de utilização dentro do PR3, foi desenvolvida uma matriz de avaliação XR. Por conseguinte, muitos critérios diferentes foram recolhidos e agrupados a fim de permitir uma avaliação adequada de cada caso de utilização possível.

As imagens da versão completa da matriz estão anexadas no Anexo 2 do presente relatório. A versão apresentada abaixo inclui o complemento completo dos critérios e questões associadas, sem avaliar realmente os casos de utilização.

As explicações seguintes darão uma visão detalhada da estrutura global, bem como de cada critério definido dentro da matriz.

A matriz é composta por cinco secções, cada uma das quais, por sua vez, contém uma coleção de perguntas e critérios. As cinco secções são definidas da seguinte forma:

Critérios de knock-Out

A fim de transformar com sucesso o conteúdo analógico teórico em conteúdo XR, algumas coisas têm de ser consideradas como requisitos básicos. Se estes requisitos básicos não puderem ser cumpridos, isso torna impossível a implementação deste caso específico de utilização. A secção "Critérios de Knock-Out" resume estes critérios e permite, como primeiro passo de avaliação, uma filtragem de todos os casos de utilização teoricamente possíveis, sem considerar outros critérios. Alguns dos critérios mais importantes nesta secção são, por exemplo, a disponibilidade e acessibilidade de dados 3D/CAD adequados. Se não for possível aceder a material de dados 3D adequado, ou se os direitos de Propriedade Intelectual negarem o acesso, isto torna o desenvolvimento do conteúdo XR muito mais difícil e dispendioso. Se também não for possível uma engenharia inversa de dados 3D muito simplificada, isto impede muitas vezes o desenvolvimento de conteúdo XR.

Classificação de Casos de Uso

Esta secção refere-se, de forma bastante pragmática, às características do respetivo caso de uso. Devido à capacidade do XR para utilizar animações 3D, o conteúdo prático de uma aplicação ou formação (por exemplo, passos manuais) é muitas vezes muito mais adequado para a implementação como conteúdo XR do que conteúdo teórico (por exemplo, formação de software). O número de passos e as ferramentas ou equipamentos adicionais necessários também desempenham um papel.

Business Case

O cluster "business case" vai um passo mais além e já não se limita a avaliar se os casos de utilização são geralmente tecnicamente possíveis, mas, como o nome sugere, inclui aspetos e impactos empresariais. Estes estão relacionados tanto com o hardware para o qual o conteúdo é adaptado (tendo em consideração a base instalada, bem como as previsões de vendas), como

com fatores como a poupança de tempo, a frequência com que as tarefas são executadas, ou se o conteúdo XR pode poupar tempo ao executar tarefas.

Avaliação de Risco

O conteúdo de formação XR oferece a possibilidade de retratar com segurança conteúdos potencialmente perigosos. Isto aplica-se tanto às pessoas a serem treinadas como ao hardware utilizado. Esta secção tenta identificar e avaliar estes riscos.

XR Relacionado

Esta última secção da avaliação inclui critérios relacionados com o desenvolvimento de XR. Estes baseiam-se menos em factos concretos, tais como na secção "Business Case", e mais na experiência.

2.2.3 Conclusão

Em conclusão, a análise do perfil de formação profissional para operadores de PBF-LB de metais em FA realizada como parte da investigação documental tem um grande potencial para a digitalização de conteúdos utilizando tecnologias XR. É impressionante que, acima de tudo, as unidades de competência com foco no conteúdo da formação a ser realizada manualmente, tais como a manutenção de máquinas, se revelem adequadas para transformação. Isto é claramente demonstrado ao olhar para a "CU 21: Manutenção de Sistemas PBF-LB". No entanto, outros conteúdos não devem ser negligenciados. De acordo com a investigação documental, também pode valer a pena incluir tópicos como a saúde e segurança (H&S) ou a formação de software de máquinas. À primeira vista, estas áreas não parecem ser adequadas para implementação com tecnologias XR, mas também é possível encontrar formas de complementar estes conteúdos com XR, enriquecendo-os assim.

Em suma, o perfil é constituído por 10 Unidades de Competência, que por sua vez consistem num total de 43 unidades de aprendizagem individuais (sessões de formação que variam entre 1-5 horas). O rastreio da aprendizagem combinada/Realidade alargada mostrou que apenas cerca de 58% destas unidades são bem adequadas para a formação presencial clássica. Cerca de 72%, por outro lado, são ideais para a utilização de tecnologias de aprendizagem didática, tais como o eLearning. Pouco menos de 42% do conteúdo é adequado para a utilização de tecnologias de aprendizagem XR, o que reflete perfeitamente o grande potencial já mencionado.

É de notar que esta análise foi conduzida logo no início do projeto. Não se pode descartar que a distribuição percentual mude ligeiramente à medida que o projeto prossegue e a experiência aumenta. Além disso, esta primeira etapa da análise só pode ser entendida como uma aproximação grosseira. Uma análise mais precisa das aplicações individuais só será possível através da Matriz de Avaliação XR criada e aplicada no PR3.

A criação da Matriz de Avaliação XR com base na investigação documental é, portanto, considerada como uma ferramenta necessária na avaliação final dos casos individuais de utilização. Especialmente quando baseado no grande potencial identificado no rastreio BL/XR. Idealmente, os resultados das aplicações avaliadas coincidem com as unidades de

aprendizagem anteriormente consideradas das Unidades de Competência. Contudo, os desvios, como já indicado, não podem ser descartados.

2.3 Tarefa 2: Desenvolvimento de Diretrizes de Entrevista

Para a Tarefa 2, foi desenvolvida uma diretriz de entrevista como abordagem metodológica para envolver os parceiros aeroespaciais. Um dos objetivos desta entrevista era comparar os resultados da avaliação interna de possíveis casos de utilização com as opiniões de peritos da indústria aeroespacial e dos fornecedores de formação. Esta abordagem permitiu uma visão objetiva dos resultados da avaliação interna e revela possíveis exigências não consideradas da indústria aeroespacial e dos fornecedores de formação.

A versão completa da diretriz da entrevista encontra-se em anexo ao Apêndice 3 deste relatório.

Em geral, as seguintes perguntas representam o núcleo da investigação:

- Que tipo de formação AM está a ser utilizada/necessária?
- Qual é o formato da formação implementada na sua organização? (por exemplo: formação interna; externalizada; misturada; e-learning; presencial)
- Como se realiza o treino prático (interno ou OEM de máquinas)?
- Já considerou/utilizou ferramentas de AR/VR para formação e qual foi a experiência?
- Poderiam as ferramentas AR/VR ser utilizadas para substituir a formação presencial, ou é um suplemento para apoiar as vias de formação convencionais?
- Como é que o Covid19 afetou a formação na sua organização?

2.4 Tarefa 3: Análise dos Resultados das Entrevistas

2.4.1 Apresentação dos Resultados

As páginas seguintes fornecem uma visão e um resumo dos resultados da entrevista. O formulário da entrevista semiestruturada foi utilizado para recolher dados dos participantes. O protocolo da entrevista foi desenvolvido pelo líder de resultados do projeto e finalizado com opiniões de peritos de outros parceiros. O protocolo final inclui onze questões a abordar, a natureza da formação AM está em uso/necessidade, o formato da formação implementada na sua organização, a forma de realizar a formação prática, experiência de AR/VR, visão sobre a utilização de AR/VR na formação e efeitos Covid-19 na formação.

Cada membro do consórcio realizou pelo menos uma entrevista com intervenientes do sector aeroespacial (OEMs ou fornecedores de nível 1) ou prestadores de formação. As entrevistas foram conduzidas através de videochamadas e reuniões presenciais, com a duração aproximada de 30 minutos. O consórcio realizou um total de vinte entrevistas, considerando a natureza dos dados qualitativos, vinte entrevistas são bastante suficientes para tirar conclusões sobre as necessidades da indústria aeroespacial e dos prestadores de formação. Para concluir o resultado, as respostas mais relevantes e significativas de todas as entrevistas são dadas numa versão parafraseada.

É importante mencionar que todos os resultados da entrevista serão fornecidos de forma anónima. No entanto, o quadro seguinte dá uma visão geral das entrevistas realizadas:

#	Setor Industrial	País
1	Fabricante de Aeronaves	EUA
2	Fornecedor Aeroespacial	Alemanha
3	Fabricante de Aeronaves	Alemanha
4	Espaço Empresa	Alemanha
5	Fornecedor Aeroespacial	Espanha
6	Fornecedor Aeroespacial	Espanha
7	Fornecedor Aeroespacial	Turquia
8	Instituto de Investigação	Alemanha
9	Fornecedor Aeroespacial	Espanha
10	Fornecedor Aeroespacial	Alemanha
11	Fornecedor Aeroespacial	Alemanha
12	Fornecedor Aeroespacial	Grã-Bretanha
13	Fornecedor Aeroespacial	Grã-Bretanha
14	Fornecedor Aeroespacial	Grã-Bretanha
15	Centro de Educação e Formação Profissional	Portugal
16	Centro de Educação e Formação Profissional	Portugal
17	Centro de Educação e Formação Profissional	Espanha
18	Centro de Educação e Formação Profissional	Turquia
19	Centro de Educação e Formação Profissional	Itália
20	Centro de Educação e Formação Profissional	Irlanda

As respostas dos participantes foram transcritas no formulário do questionário logo após as entrevistas. Em seguida, os dados recolhidos foram analisados através do método de análise descritiva e comunicados sob categorias.

Implementação da formação AM na Indústria Aeroespacial e em Provedores de Formação

Para a maioria das organizações aeroespaciais e fornecedores de formação com quem se falou, parece ser essencialmente importante que os seus operadores de máquinas estejam a ser treinados pelos métodos de educação aberta, quer nas suas próprias instalações ou nas instalações dos OEMs. Isto sublinha a importância da formação presencial oferecida pela grande maioria dos OEMs e também fala pela sua qualidade.

Alguns comentários das entrevistas são apresentados abaixo:

Pergunta	Interveniente da Indústria	Prestador de Formação
Fornece ou pretende fornecer formação para o fabrico de aditivos?	<p>Sim, estamos a proporcionar formações técnicas.</p> <p>Sim, para os nossos operadores de máquinas é um requisito básico receber formação do fornecedor da máquina, mesmo que haja uma elevada flutuação.</p>	<p>Sim</p> <p>Sim, para o projetista desenhar ou em geral tópicos. Designer, operador e nós estamos dispostos a fazer também para engenheiros.</p>
Que tipo de formação AM está a ministrar?	<p>Formação geral sobre AM, para melhor compreender a tecnologia, a fim de a utilizar no futuro</p> <p>- Formação em Pós-processamento: maquinagem de peças AM</p> <p>Precisam de formação em engenharia de conceção para AM, cálculos, otimização e simulação de componentes</p>	<p>PBF-LB; nível introdutório</p> <p>Formações PBF-LB para estudantes, e pessoas internas como pequenos grupos</p> <p>Temos máquinas de polímeros, metal AM, FDM, SLS, Stratasys 400-mc, SLM PBF e temos formações nestes campos.</p>
How do you undertake practical training (internal or machine OEMs)?	<p>Para nós é especialmente interessante receber uma primeira sessão de formação feita pessoalmente pelo OEM dentro das nossas próprias instalações. Para quaisquer outros colegas envolvidos no processo AM, as pessoas que</p>	<p>o treino da máquina de cama de pó está em casa.</p> <p>Em casa</p> <p>Neste momento, vamos implementar a aprendizagem mista,</p>

	<p>inicialmente receberam a formação OEM podem educar os outros.</p> <p>Dois operadores principais estão a ser treinados pelo fabricante da máquina, estes operadores principais treinam o pessoal adicional internamente.</p> <p>Não é utilizado nenhum material de formação em particular, a formação baseia-se nos procedimentos operacionais definidos no manual da máquina.</p> <p>Todos os operadores de máquinas fazem a formação básica de funcionamento da máquina. Devido ao baixo número de pessoal AM, a formação presencial torna-se bastante dispendiosa, pelo que também têm sido utilizadas formações à distância, especialmente durante a época da Covid.</p> <p>A formação prática é conduzida no local, nas nossas próprias máquinas.</p> <p>Todos os nossos operadores de máquinas passaram pela formação em operação de máquinas presencial. Tanto quanto podemos imaginar, continuaríamos a fazer isso para novos colegas. Queremos garantir que todas as técnicas adequadas e precauções de segurança são tomadas. Para procedimentos mais pequenos, faríamos isso internamente.</p> <p>Para os nossos operadores de máquinas, é um requisito básico receber formação do fornecedor da máquina, mesmo que haja uma flutuação elevada. Não se trata apenas de operar a máquina, mas também do conhecimento de base que é importante para os nossos</p>	<p>pelo que alguns módulos estarão em linha, ou seja, teóricos. Estes dois módulos estão a ser realizados em casa.</p> <p>Estamos a desenvolver os nossos elementos de aprendizagem. Queremos entregar primeiro as partes teóricas e depois reforçá-las com uma sessão prática, para que as formações sejam mais integradas.</p>
--	--	--

	<p>operadores. Os novos colegas correm normalmente com colegas experientes durante algumas semanas antes de serem enviados para a EOS. Consideramos a formação no local ainda mais eficiente quando os operadores já adquiriram alguma quantidade de pré-conhecimento. Ficam então mais abertos a informações adicionais.</p>	
--	---	--

De acordo com os resultados, tanto as indústrias aeroespaciais como os fornecedores de formação profissional têm formação de fabrico de aditivos (AM) e ministram-na a diferentes níveis. No caso da indústria, a formação é realizada internamente, externamente ou através da máquina AM OEM. No entanto, os prestadores de formação fornecem frequentemente formação a nível interno, mesmo que a máquina AM OEM.

Sensibilização sobre as Ferramentas AR/VR em Formação AM

A fim de explicar os conhecimentos das indústrias e dos prestadores de formação sobre AR/VR, foram feitas algumas perguntas aos participantes.

Como mostra a Figura 2, 57% dos inquiridos têm conhecimentos sobre AR/VR e 43% têm algum conhecimento sobre AR/VR. No entanto, todos os inquiridos têm uma ideia do que é AR/VR.

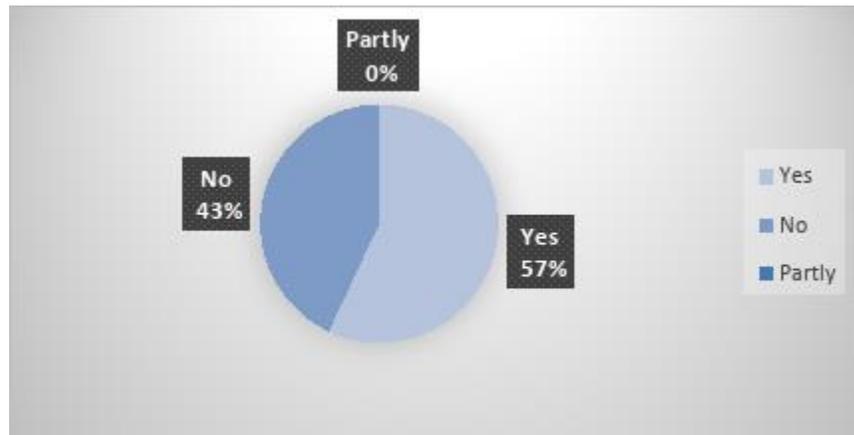


Figure 2: Ter conhecimento de AR/VR

Quando perguntamos à opinião dos participantes sobre AR/VR pode ou não apoiar a formação, quase todos os participantes relataram que AR/VR pode ser utilizado como um apoiante na formação (ver Figura 3).

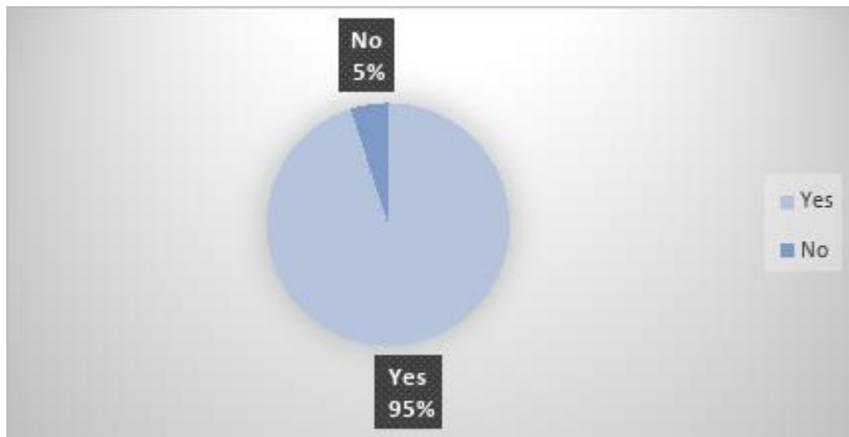


Figure 3: AR/VR como apoio à formação

Os participantes foram questionados acerca de já terem utilizado ferramentas AR/VR para conduzir a formação (Figura 4), a maioria dos participantes respondeu à pergunta "sim".

Nota: é de notar que AR/VR foi geralmente utilizado para formação em gestão, nenhuma das organizações consultadas está a utilizar AR/VR para formação AM prática.

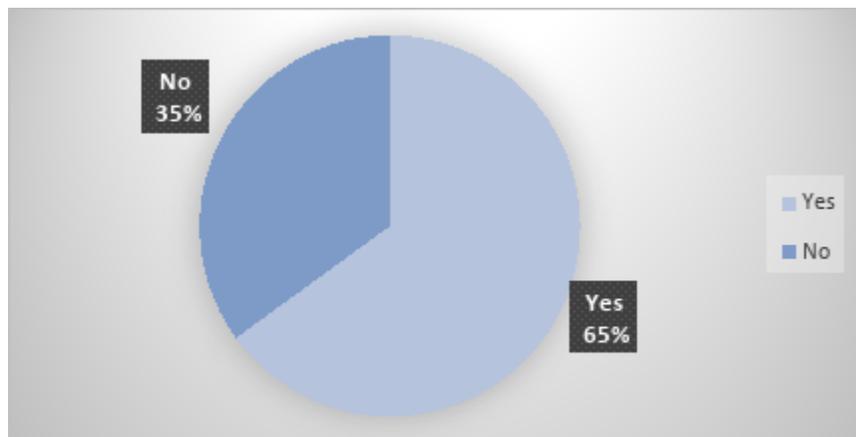


Figure 4: Utilização de AR/VR na formação

Ambos os gráficos acima fornecem uma imagem clara da aplicação das tecnologias AR/VR no âmbito da formação Aeroespacial. Os gráficos mostram que todas as organizações aeroespaciais entrevistadas e fornecedores de formação estão cientes das tecnologias AR/VR. Pelo menos em cada grupo de entrevistados, há participantes que estão familiarizados com a tecnologia. Apenas os entrevistados individuais não estavam familiarizados com a tecnologia ou não tinham a certeza da distinção entre AR e VR. Dentro de cada grupo de entrevistados, foi acordado que as tecnologias são adequadas para utilização no sector da formação, embora 65% dos intervenientes da indústria e dos fornecedores de formação integrem ferramentas de AR/VR na formação.

As seguintes citações parafraseadas fornecem uma melhor perceção do papel atual da AR/VR na formação de empresas aeroespaciais:

Pergunta	Interveniente da indústria	Prestador de formação
Já utilizou ferramentas AR/VR para realizar formação?	<p>Nós próprios não a utilizámos, mas sei que algo se passa com esta tecnologia dentro da nossa empresa.</p> <p>A nossa empresa está a testar a tecnologia AR já no campo da montagem. Poderíamos imaginar a mesma configuração para procedimentos de manutenção numa máquina AM.</p> <p>A nossa experiência com AR/VR provém da implementação de tais ferramentas para fornecer formação para a soldadura por arco. Da perspetiva entrevistada, a AR/VR pode ser</p>	<p>Sim, estamos a considerar a utilização de ferramentas AR/VR.</p> <p>Deveríamos começar por motivos de formação, por vezes para empresas que não têm as instalações disponíveis para a empresa. Estão longe do centro de formação ou, na realidade,</p>

	<p>utilizada como um substituto numa fase inicial da formação. Acima de um certo nível, é mais difícil de implementar, pois começa a perder a sua utilidade. Pelo menos para a soldadura por arco a experiência é boa, AR/VR pode ser usada como ferramenta complementar para a realização de formação prática.</p> <p>Temos utilizado sobretudo ferramentas AR/VR na formação em gestão.</p> <p>Temos vindo a utilizar AR/VR para um desafio de fabrico que em tempos fizemos para o rápido fornecimento de ventiladores para pacientes Covid. Depois disso, foram adquiridas mais MS HoloLens para apoiar a comunicação entre locais onde as viagens têm sido restringidas. Estabelecemos três casos de utilização: Formação, Assistência remota, Garantia de qualidade. Embora o nível de utilização seja relativamente baixo (será realizada uma "auditoria" interna de utilização) em alguns casos, a utilização de ferramentas AR/VR provou ser muito útil, por exemplo, evitando a deslocação de peritos técnicos chave ao redor do mundo para visitar diferentes locais.</p>	<p>quando se pretende poupar materiais e recursos As ferramentas AR/VR são muito eficazes.</p> <p>Sim, é utilizada uma ferramenta de soldadura de realidade virtual. Esta ferramenta não pode substituir completamente a experiência real. No entanto, permite a simulação de cenários muito complicados que não podem ser facilmente replicados na vida real, tais como a soldadura em diferentes posições.</p>
--	--	--

Vistas sobre a utilização de AR/VR em Formação

Foi perguntado aos participantes o que pensam sobre os aspetos negativos (limitações) e positivos (benefícios) da utilização de ferramentas AR/VR na formação, a fim de obter informações mais detalhadas sobre a utilização de ferramentas AR/VR na indústria aeroespacial e no fornecedor de formação. Algumas citações dos participantes são as seguintes:

Pergunta	Interveniente da indústria	Prestador de formação
<p>Prevê limitações à utilização de ferramentas AR/VR para a formação prática?</p>	<p>Para a formação dos nossos operadores, impusemos a nós próprias regras ainda mais rigorosas a nível interno do que a norma específica. O conteúdo XR teria, portanto, de cumprir também as nossas regras mais rigorosas. Este poderia ser o caso também para outras empresas, o que poderia ser um desafio para a criação de conteúdo XR. No entanto, a informação básica poderia ser transferida através das tecnologias XR.</p> <p>Após algum tempo, cada máquina tornar-se-á única à medida que mais e mais manutenção</p>	<p>Requer formadores altamente qualificados para ministrar a formação.</p> <p>Há muitas variáveis que entram em jogo quando se fala de PBF-LB e fornecer uma simulação que replicará com precisão o que acontece na vida real pode revelar-se muito difícil.</p>

	<p>for sendo feita nelas. As formações padrão não poderiam corresponder ao estado real da máquina. No entanto, a formação básica deve ser suficientemente próxima.</p> <p>Colocar-se no ambiente XR pode ser mais complicado do que a tarefa que realmente tem de fazer.</p> <p>Os auscultadores não são muitas vezes a melhor solução. Min. 1 hr - incómodo de montar a unidade (isto pode mudar se usada com mais frequência). Máx. 4 horas - desconfortável de usar durante longos períodos.</p> <p>Limitação se a exposição for feita, por exemplo, em zonas estreitas e inacessíveis de uma máquina, etc., onde o operador também não tem bom acesso (limitações de concepção de acordo com o tipo de actividade).</p> <p>Se apenas foi treinado virtualmente, não tem qualquer sensação ou sensação de forças que precise de desbloquear ou abrir algo. Quando se volta à realidade, receia-se ser demasiado forçado em alguma coisa.</p> <p>Com o VR, basicamente não há preocupações, mas faltam as hápticas, o que significa que o peso, por exemplo, ao encher ou decantar o pó não pode ser recriado. Esta seria provavelmente a maior dificuldade.</p> <p>O custo dos óculos, dependendo das tarefas, pode ser uma limitação.</p> <p>Para tarefas mais arriscadas é ainda mais importante ter mãos na máquina (mas a AR/VR pode ser uma primeira introdução).</p> <p>Alguns empregados parecem relutantes em abraçar novas abordagens. O ideal seria que houvesse alguém disponível para resolver questões de TI. Os utilizadores precisam de estar familiarizados com o equipamento antes do início da formação.</p> <p>AR/VR não é tão eficaz como as aulas presenciais em que as pessoas precisam de trabalhar em conjunto.</p>	<p>Estas ferramentas são caras. É difícil criar cenários complexos dentro delas.</p> <p>A falta de sensação real.</p> <p>Ainda não é 100% representativa da realidade e ainda precisa de ser desenvolvida.</p> <p>Ainda não é 100% representativa da realidade e ainda precisa de ser desenvolvida.</p> <p>Se não tiveres óculos para cada aluno, eles têm de esperar um pelo outro, o que faz perder tempo.</p> <p>Se um software não tiver boa qualidade e resolução, estes conteúdos terão um efeito secundário sobre os utilizadores.</p>
--	--	---

	<p>Para tirar o máximo proveito desta abordagem, todos os participantes precisam de estar confortáveis/relaxados. Alguns trabalhadores lutam com os dispositivos AR/VR - particularmente os trabalhadores mais velhos e aqueles sem experiência em jogos de computador.</p> <p>Complexidade para o tema das séries curtas. Porque um modelo digital teria de ser desenvolvido para cada caso de necessidade e poderia não valer a pena.</p>	
--	---	--

As opiniões dos participantes sobre o lado negativo ou as limitações previstas da utilização de AR/VR foram bastante paralelas. Em geral, os participantes declararam que algumas limitações na utilização de AR/VR devido a despesas com óculos AR/VR, inadequado para questões complexas, resistência do pessoal a ser formado, e falta de sentido da realidade.

Por outro lado, os benefícios, e os lados positivos da utilização de AR/VR foram explicados pelos participantes da seguinte forma:

Pergunta	Interveniente da indústria	Prestador de formação
<p>Quais são os benefícios que vê na utilização de ferramentas AR/VR para formação?</p>	<p>Conseguimos fazer algumas passagens secas num filtro sem pó, mas podíamos imaginar fazer isto num ambiente virtual para nos aproximarmos ainda mais do real sem ter as máquinas a funcionar.</p> <p>XR poderia ajudar a abordar vários sentidos ao mesmo tempo, o que aumenta o sucesso da aprendizagem.</p> <p>Possíveis aplicações: RFS, que lidam com substâncias perigosas, HSE.</p> <p>Com certeza na área da mudança de filtro ou para a instalação da máquina. Temos a configuração da máquina descrita em papel ou em PDF. As ferramentas digitais poderiam facilitar as coisas, também quando falamos de documentação e garantia de qualidade, mas também de segurança dos trabalhadores.</p> <p>Portanto, há duas áreas de aplicação. Uma é a formação inicial e a outra é o apoio digital durante a execução das tarefas.</p>	<p>é realmente útil para demonstração de máquinas, por isso é realmente útil para os participantes. Por exemplo, limpar a cama e o aspeto que isso teria se não pudessem estar no local. Penso que isso seria muito útil.</p> <p>Pode utilizar e também para evitar limitar os riscos que podem sempre acontecer durante a formação quando se enfrenta esta soldadura e os processos de inspeção, pode de facto executá-los quer por realidade aumentada quer por realidade virtual.</p> <p>Pode poupar recursos e tem muito mais disponibilidade e flexibilidade para realizar o processo como quiser.</p>

	<p>A mudança de filtro foi a parte mais assustadora do treino, com o resto a sentirmo-nos bastante confortáveis. Se fosse possível encontrar uma forma de ensinar a mudança de filtro sem expor alguém ao risco, então deveria ser feito.</p>	<p>Estas máquinas são seguras para tarefas perigosas.</p> <p>Fornecem contributos visuais aos estudantes.</p> <p>Pode-se fazer um protótipo ou na vida real pode evitar o desperdício de materiais roubados ou titânio.</p>
--	---	---

A maioria dos participantes revelou que as ferramentas AR/VR são úteis para proteger os formadores contra produtos químicos ou tarefas perigosas, para evitar desperdícios materiais, para introduzir uma nova tarefa aos formadores e para se sentirem dentro de uma experiência da vida real.

Papel da AR/VR na formação

O Covid-19 teve inegavelmente um impacto sério nos processos educativos. Tanto os intervenientes da indústria como os prestadores de formação mencionaram como o Covid-19 tem afectado a prestação de formação:

Pergunta	Interveniente da indústria	Prestador de formação
<p>Como é que o /é Covid-19 mudou a forma como se realiza a sua formação?</p>	<p>Seguindo todos os protocolos de segurança, fomos capazes de realizar a formação no local no centro de formação EOS.</p> <p>Uma formação teve lugar dentro do Covid. No entanto, pudemos executar a formação no local, seguindo todos os protocolos de segurança. Para alguma formação, solicitámos sessões de formação em linha/de equipas de EM.</p> <p>Covid mudou absolutamente a forma como realizamos a formação. Já não há formação pessoal presencial, e há algumas barreiras que a formação à distância não pode abordar, como a interacção pessoal e o nível de atenção dos participantes durante toda a sessão.</p> <p>O Covid-19 foi muito perturbador para a formação - eventualmente em linha</p>	<p>Durante o Covid-19, ministraram apenas a formação teórica.</p> <p>Nunca ninguém tinha pensado em formação online, mas hoje em dia quase todos os estudantes querem ter formações online. Isto tem algumas consequências positivas e negativas. Lado positivo; as pessoas podem frequentar qualquer formação a partir de qualquer lugar sem perder tempo a ir a centros de formação. Mas imagine que está em casa e tem algumas responsabilidades consigo (crianças, cozinheiro, etc.), por isso nesta condição a eficiência da formação diminui, este é um dos lados negativos da aprendizagem online.</p>

	(TEAMS) e foram adotadas plataformas de redes sociais para a formação. Estamos também a avaliar novas plataformas de formação em linha, tais como EDX e Udacity.	Transferimos todas as formações para a plataforma online. Fornecemos o software utilizado na formação aos estudantes com computadores portáteis. Mas quando conseguimos fazer as aulas presenciais, os nossos treinamentos tornaram-se 100% práticos e presenciais.
--	--	---

A Covid-19 afectou particularmente negativamente a formação prática porque tanto os sectores como os prestadores de formação não dispunham de material de formação suficiente para o efeito. Durante o Covid-19, a formação concentrou-se principalmente na formação teórica, as lacunas da formação prática foram colmatadas quando foi possível implementar formações presenciais.

A proliferação de tecnologias e a integração da tecnologia na educação pode apoiar a formação mas, segundo a maioria dos participantes, as ferramentas AR/VR não podem substituir totalmente a formação presencial.

Pergunta	Interveniente da indústria	Prestador de formação
<p>Poderiam as ferramentas AR/VR ser utilizadas para substituir a formação presencial, ou é um suplemento para apoiar as vias de formação convencionais? Qual poderia ser o papel das ferramentas de AR/VR na formação?</p>	<p>Quando compra inicialmente a sua primeira máquina, é necessário um treino presencial. Mas se tiver um primeiro especialista e conseguir associados adicionais, poderá ensiná-los virtualmente e a pessoa experiente poderá seguir com treino prático para reduzir o tempo gasto com o treino prático. Não creio que consiga eliminar totalmente o treino com as mãos, deveria ser uma combinação.</p> <p>Não como um substituto. Pode ser utilizado para reduzir a duração do treino cara a cara.</p> <p>Nunca é demais sublinhar isto, mas consideramos as ferramentas AR/VR como complemento das vias de formação convencionais. Nunca substituiremos o primeiro contacto presencial com o fornecedor da tecnologia, se possível, nas nossas próprias instalações. Para nós, seria uma ferramenta de apoio para isso, ou mesmo para sessões de</p>	<p>Não posso dizer para AR, porque usar os óculos durante muito tempo não é possível e não é acessível fornecer um copo a cada estudante. No entanto, posso dizer que o VR poderia ser substituído a 100% pela formação convencional.</p> <p>Não pode ser dada totalmente virtualmente. Estimo que até 80% da formação poderia ser ministrada virtualmente.</p> <p>Podemos usar AR/VR em alguns tópicos particulares; contudo, não é possível substituir totalmente por formação convencional. Mas se quiser treino prático e deve esperar por isto, AR-VR será uma boa solução.</p>

	<p>formação secundária que requerem menos nível de imersão.</p> <p>Poderia substituir parcialmente a pré-especialidade. Seria um instrumento complementar. Muito interessante para reduzir o pessoal que está a dar formação a novos operadores.</p> <p>Flexibilidade dos cenários que podem ser exibidos em qualquer altura, especialmente para atividades que ocorrem com pouca frequência, por exemplo, em máquinas que só são assistidas 2-3 vezes por ano.</p>	
--	---	--

2.4.2 Conclusão

Os resultados das entrevistas com a indústria e os fornecedores de formação, a utilização atual de AR/VR na formação, e as opiniões dos participantes sobre o tema, confirmaram a necessidade do projeto AREOLA.

Sujeitos adequados para AR/VR

AR/VR é uma abordagem válida para ter operadores já formados e experientes a educar novos colegas, talvez localizados noutra local. O AR/VR pode ser utilizado para reforçar/refazer a formação conduzida anteriormente cara a cara. Aqui, o conteúdo de aprendizagem otimizado pelas tecnologias AR/VR poderia ser uma alternativa adequada para transmitir conhecimentos a novos colegas de uma forma fiável e correta. Especialmente, as ferramentas AR/VR seriam eficientes para formar novos colegas ou para introduzir uma nova máquina ou tarefa aos formadores. Por exemplo, numa parte interessada da indústria, os novos colegas trabalham com colegas experientes durante algum tempo na rotina diária regular, e depois enviam-nos para formação presencial OEM com os conhecimentos prévios que já adquiriram. Do mesmo modo, com a formação AR/VR, o esforço exigido por colegas experientes para formar novos operadores de máquinas pode ser significativamente reduzido sem reduzir a qualidade da formação.

De um ponto de vista prático, a utilização de ferramentas AR/VR é apropriada para a formação no sector aeroespacial e contribuirá para a formação prática. Em particular, quando utilizado em questões de saúde e segurança, em temas de nível introdutório, em aplicações onde são utilizados materiais de alto custo, pode ajudar a reduzir os acidentes de trabalho, prevenir danos nas máquinas e conservar recursos. Para ilustrar, tipicamente, a formação presencial do operador começa com uma introdução completa às questões de saúde e segurança, incluindo o equipamento de proteção pessoal. Durante a formação presencial, a atenção é continuamente dada a estas questões, e elas são também mencionadas quando se trata da máquina real. No entanto, parece haver uma procura adicional da formação no domínio aeroespacial entrevistada para formação contínua na área da saúde e segurança, que poderia eventualmente ser satisfeita

com a ajuda de conteúdos digitais. Outro exemplo, quando se pratica a troca de filtros, os formandos podem entrar em contacto com condensado metálico e a actividade muitas vezes só é possível com Equipamento de Protecção Individual (EPI). As ferramentas AR/VR oferecem aos operadores a oportunidade de realizar formação sem entrar em contacto com substâncias perigosas. Além disso, o funcionamento da instalação não é perturbado.

As abordagens inovadoras das tecnologias AR/VR, quando utilizadas como suplemento da educação tradicional, podem apoiar a educação de muitas maneiras, tornando-a um processo mais eficiente. Por exemplo, graças às tecnologias AR/VR, os formandos têm a oportunidade de repetir formações em qualquer altura. Especialmente em processos de e-learning, torna a formação prática mais útil porque proporciona aos formandos experiências da vida real através de simulações do ambiente. Além disso, a formação pode tornar-se acessível, e menos dispendiosa através de ferramentas AR/VR. Os formandos não têm de se deslocar a qualquer centro de formação.

AR/VR vs. Formação Convencional

As ferramentas AR/VR são certamente recursos para melhorar a qualidade e eficiência da educação. No entanto, devido a algumas limitações, as ferramentas AR/VR não podem substituir totalmente a educação presencial. Ao desenvolver conteúdo de AR/VR, desviar-se da norma é de facto um desafio que não deve ser subestimado, pois mesmo pequenas alterações ao conteúdo podem resultar em grandes alterações aos dados 3D, por exemplo. No âmbito do projeto AREOLA, será, portanto, particularmente importante identificar processos padronizados que sejam igualmente relevantes para todas as organizações. Outra limitação significativa é a falta de deteção táctil e de feedback durante o treino com AR/VR. Especialmente para os novos operadores de máquinas, é importante ter uma boa perceção das forças que certas atividades requerem. A seleção do conteúdo adequado a ser digitalizado vai de mãos dadas com a sua complexidade e a utilização resultante de dispositivos AR/VR (especialmente auscultadores). Por um lado, a configuração do conteúdo AR/VR não deve complicar ainda mais e prolongar desnecessariamente o conteúdo de aprendizagem real. Além disso, uma unidade de aprendizagem coerente não deve exceder um certo período de tempo para evitar o desconforto do uso de auscultadores, por exemplo, ao longo de um período prolongado.

Mesmo que os regulamentos/parâmetros (tais como ISO/ASTM 52942) permitam a realização de toda a formação, praticamente as empresas aeroespaciais não desejam mudar para uma formação 100% digital. De facto, a maioria dos inquiridos acredita que a formação convencional nunca deve ser completamente substituída por conteúdos digitais. A AR/VR é sobretudo vista como uma abordagem complementar útil. No projeto AREOLA, o conteúdo certo, como situação altamente perigosa e trabalho demorado, deve ser encontrado para transformação, a fim de encontrar a combinação mais eficaz de formação no local e formação digital.

3. Conclusão

A fim de podermos realizar uma avaliação final do PR1, analisamos novamente ambas as partes da análise, a investigação documental realizada primeiro ("Blended Learning & Extended Reality Screening") e a análise subsequente da indústria e dos prestadores de formação, ambas

recolhidas através de entrevistas. Duas tendências claras emergiram da investigação documental. Primeiro, que o perfil de formação profissional para operadores de PBF-LB de metais AM é muito bem adequado para a utilização extensiva de tecnologias de realidade alargada (XR) e segundo, que à primeira vista, atividades práticas, tais como trabalhos de manutenção, são particularmente adequadas.

No PR3, estes primeiros resultados aproximados são novamente verificados em detalhe com a "XR Evaluation Matrix" desenvolvida no PR1 e comparada com os resultados da entrevista antes de entrarem finalmente em produção. Se compararmos os resultados desta análise teórica inicial com os desenvolvimentos e ideias no mercado, encontramos claras sobreposições. Um exemplo disto é o processo de manipulação do sistema de filtragem dos sistemas PBF-LB, que já foi mencionado várias vezes. Do ponto de vista da indústria e dos fornecedores de formação, estas etapas, geralmente durante o processo de instalação ou manutenção, não são adequadamente treinadas por várias razões. Isto pode ser devido a razões de segurança ou simplesmente à falta de tempo para executar repetidamente operações críticas e/ou complexas. Para além de sobreposições nos processos obviamente adequados, tais como processos de manutenção manual, conteúdos de formação tais como saúde e segurança foram também mencionados por empresas do sector aeroespacial. Para este conteúdo de formação específico, as ferramentas XR poderiam servir principalmente para melhorar a clareza e o empenho.

Basicamente, a utilização de tecnologias digitais como a realidade aumentada ou a realidade virtual poderia revolucionar a formação deste conteúdo e, assim, aumentar significativamente a eficiência e a eficácia.

1. Anexo

Anexo 1: Análise Blended Learning / Extended Reality

AREOLA Course Objectives		CU Analysis				Comments
Content	Contact Hours	Training	Norms	Didactics	XR	
CU00: Additive Manufacturing Process Overview	3,5h					
Directed Energy Deposition	0,5h			x		shorter!
Powder Bed Fusion	0,5h		x	x		as review to TR
Vat photopolymerization	0,5h			x		shorter!
Material Jetting	0,5h			x		shorter!
Binder Jetting	0,5h			x		shorter!
Material Extrusion	0,5h			x		shorter!
Sheet Lamination	0,5h			x		shorter!
CU15: PBF-LB Process	14h					
PBF-LB Process Principles	2h		x	x	x	shorter!
PBF-LB System - Hardware and Software	4h	x	x		x	shorter!
PBF-LB Parameters	3h	x	x	x		shorter!
PBF-LB Feedstock	2h		x	x		shorter!
PBF-LB Consumables	2h		x	x		shorter!
Post Processing	1h	x	x	x	x	
CU16: Quality Assurance (QA) in PBF-LB	7h					
General QA Principles	2,5h	x	x	x		shorter!
AM Machine QA	1,5h	x	x	x		
AM Parts QA	1h	x	x	x		
Visual Inspection Overview	2h	x	x		x	
CU17: Health, Safety and Environment (HSE) in PBF-LB	3,5h					
Health, Safety and Environment	3,5h	x	x	x	x	everywhere
CU18: Hardware, software and build file set-up for PBF-LB	14h					
PBF-LB machine set-up requirements	4h	x	x		x	shorter!
Pre-build check list - APS/pAPS	3h	x	x	x		APS/pAPS?
Consumables, feedstock and substrate	3h	x	x	x		shorter!
Build Files	1h		x	x		
Work Documentation	2h	x	x	x		shorter!
Practical implementation of HSE procedures (while fit and set up the machine)	1h	x	x	x	x	everywhere
CU19: Monitoring and managing the manufacturing of the PBF-LB part	3,5h					
Machine functionalities	2h	x	x		x	=> for practice
HSE Procedures	0,5h	x	x		x	Content?
Documentation	1h	x	x	x		into APS?
CU20: Post Processing of PBF-LB parts	7h					
Post-build cycle operations	3h	x	x		x	shorter!
Manual tools and methods for post-processing operations	4h	x	x	x		shorter!
CU21: Maintenance of PBF-LB systems	7h					
General maintenance aspects	2h	x	x		x	
Optical elements	0,5h	x	x		x	
Parts maintenance	1,5h		x		x	
Gas supply system	0,5h		x			Content?
Auxiliary elements maintenance	1,5h	x	x	x	x	=> more
Application driven material change	1h		x	x	x	
CU48: Powder Handling	7h					
Overview of Powder Manufacturing Processes	1h		x			Content?
Chemical Composition and Physical Properties	2h		x	x		
Particle Size Distribution	0,5h		x	x		
Powder Storage, handling, ageing and documentation	1,5h	x	x	x	x	=> more
Powder reusability	1h		x	x		shorter!
HSE Procedures	1h	x	x	x	x	shorter!
CU49: Laser Beam and Characterisation	7h					
Laser Beam parameters and conditions	2h	x		x		standard: optional
Measurement Equipment	5h	x			x	standard: optional
Total	74h					

Anexo 2:Matriz de Avaliação XR

Criteria
K.O.
CAD model of involved equipment available?
Is there IP critical content involved?
Are there any impediments by standardization?
Are 3rd party products involved? (e.g. lifting truck, tools)
If 3rd party products are involved, can we access their CAD models?
If not, can we substitute 3rd party products? (e.g. simple CAD mock-ups or include videos)
Are there ongoing developments that might make this use case obsolete soon?
Classification of Use Case
How many steps are included in this task? (<5 give 0 points, ≥5 give 10 points)
Does the use case predominantly include manually handled tasks? (y = 10 points (e.g. mechanical parts/hardware), partly = 5 points, no = 0 points (e.g. GUI/software))
Business Case
What's the installed base of the machine? (<5 give 2p, <25 give 4p, <50 give 6p, <100 give 8p, <500 give 10p)
What will the installed base of the machine be in 1 year? (<5 give 2p, <25 give 4p, <50 give 6p, <100 give 8p, <500 give 10p)
What will the installed base of the machine be in 3 years? (<5 give 2p, <25 give 4p, <50 give 6p, <100 give 8p, <500 give 10p)
Frequency of task performed? (Please give an answer: job-to-job, daily, weekly, monthly, annually)
Can travelling be reduced or even completely avoided by applying XR for training the use case? (completely = 10 points, partly = 5 points, no = 0 points)
How much time can be saved through XR? (<30% = 3p; <60% = 6p; >60% = 10p)
Does XR speed up the learning curve on the machine? (y = 10 points, n = 0 points)
Risk Assessment
Process could be interrupted
Quality of parts could be negatively influenced
Equipment could be damaged
Risk for human health and life
Sum

Anexo 3: Guião de Entrevista

Proposed questions

Q1 – Do you provide or intend to provide training for additive manufacturing to your staff?

--

Q2 – What sort of AM training are you delivering?

--

Q3 – How do you undertake practical training (internal or machine OEMs)?

--

Q4 – Do you know what AR/VR is?

--

Q5 – Do you know that AR/VR can be used to support the training delivery?

Q6 – Have you used AR/VR tools to conduct training?

Q7 – Do you foresee limitations to the use of AR/VR tools for practical training?

Q8 – Do you have any concerns about using AR/VR tools for training? What are your opinions for using AR/VR tools for training?

Q9 – What are the benefits you see in using AR/VR tools for training?

Q10 – Could AR/VR tools be used to replace face-to-face training, or it is a supplement to support conventional training routes? What could be the role of AR/VR tools in training?

Q11 – How did /is Covid-19 change the way you undertake training?