

Projeto número: 101006468

Sigla do Projeto: PAFSE

**Título do projeto: Partnerships for Science
Education**

CENÁRIOS EDUCACIONAIS

**CENÁRIO 1- GOTÍCULAS RESPIRATÓRIAS E A FÍSICA DA
TRANSMISSÃO DE VÍRUS POR VIA AÉREA**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006468.



1. Especificações para o cenário educacional sobre o tema “Gotículas Respiratórias e a Física da Transmissão de Vírus por Via Aérea”

Contexto e relevância do cenário para a educação em saúde pública

Este cenário tem como objetivo a preparação dos alunos e da comunidade escolar para reduzir o risco de doenças transmitidas pelo ar. Este trabalho foi essencialmente motivado pela mais recente crise pandémica de Covid-19. Embora seja ainda incerto a forma como o vírus Sars-Cov-2 se propaga em populações altamente vacinadas, na comunidade científica é comumente aceite que o vírus se transmite pelo ar. Nesse sentido, é importante consciencializar os alunos e a comunidade escolar no tema, e refletir sobre possíveis medidas a implementar, quer individualmente quer ao nível da comunidade escolar, que possam mitigar a propagação de gotículas respiratórias, para evitar a rápida proliferação de doenças transmitidas pelo ar dentro da comunidade escolar. A estratégia de combate à pandemia de Sars-Cov-2 a nível mundial foi apoiada no confinamento das populações em casa, na restrição dos contactos entre as pessoas, na promoção da regra do “distanciamento social de dois metros” e no uso recomendado ou obrigatório de máscaras. Com os avanços tecnológicos alcançados atualmente, é possível e relevante explorar com os alunos uma ferramenta de *Computational Fluid Dynamics* (Mecânica dos Fluidos Computacional- CFD) que simule e preveja a propagação de partículas respiratórias, em diversos ambientes (por exemplo: ambientes com diferentes configurações, diferente número de ocupantes dos espaços, diverso número de mesas e cadeiras, tipo de regime de respiração (tosse, espirro, respiração normal, respiração ofegante, entre outros), distância entre os regimes, , uso/ não uso de máscara) e assim, ter uma perceção do risco de transmissão de doenças por via respiratória entre os indivíduos em cada espaço. O cenário de aprendizagem aumenta a compreensão dos alunos sobre como funciona a transmissão aérea de gotículas respiratórias e como a Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM- *Science, Technology, Engineering, Mathematics*) pode contribuir para antecipar, mitigar e resolver ameaças à saúde pública, através da exploração de simulações obtidas a partir de uma ferramenta CFD.

Duração estimada

- 6 aulas de 40-45 minutos (aula 1 – aula 6)
- 6 sessões de 40-45 minutos para o projeto escolar (sessão 7 – sessão 12)

Requisitos de organização da sala de aula

- Da aula 1 à aula 5, os alunos trabalham sozinhos ou ocasionalmente em grupos.
- Da aula 6 à aula 12 os alunos formam grupos de quatro ou cinco membros para desenvolver o projeto de investigação escolar.
- É necessário o uso de computador.
- É recomendável que a sala já esteja previamente preparada antes dos alunos começarem a trabalhar, isto é, antes de começar a aula, as mesas estão previamente dispostas para o trabalho ser desenvolvido em grupo, e os computadores, operacionais.
- Necessário fazer o levantamento prévio das extensões necessárias na sala para aportar a ligação de todos os computadores.

Pré-Competências Necessárias

- Será necessário o uso do computador e conhecimentos básico ao nível do software Microsoft Office.
- Necessário conhecimento de inglês (nível básico).

Glossário do Cenário

Escoamento de Ar – Refere-se à quantidade de ar em movimento num determinado espaço. Pode ser criado por fenómenos naturais (impulsão natural do Ar, ou ventilação natural), ou pode ser criado artificialmente por via de ventilação mecânica (sistema de ar condicionado).

Doenças Respiratórias - Qualquer doença que é provocada por um microrganismo que seja transmitida pelo ar. Esses organismos podem ser disseminados por via de espirros, tosse, pulverização de líquidos, propagação de poeiras ou qualquer atividade cujo resultado seja a geração de partículas aerossolizadas. Os microrganismos transmitidos também podem ser disseminados através de líquidos.

Transmissão Aérea - Os núcleos das gotículas respiratórias permanecem no ar por longos períodos de tempo, tendo a oportunidade de se disseminarem amplamente em diversos ambientes, como por exemplo, numa enfermaria, num hospital, ou numa sala de cirurgia, onde as partículas podem ser disseminadas por via direta entre pacientes, ou indiretamente através do contacto com dispositivos médicos contaminados. Atividades domésticas, como varrer, a utilização de panos e esfregões secos, ou sacudir a roupa da cama, enviam partículas para o ar que podem conter microrganismos.

Mecânica de Fluidos Computacional (CFD)– É o processo de modelar matematicamente um problema/fenómeno físico que envolve escoamento de fluidos, e resolvê-lo numericamente através de uma ferramenta computacional. A mecânica de fluidos computacional é baseada nas equações de Navier-Stokes. Estas equações descrevem a forma como parâmetros característicos da mecânica de fluidos, como a velocidade, pressão, temperatura e densidade de um fluido, estão relacionadas.

Núcleo da Gotícula Respiratória- É um tipo de partícula envolvida na propagação de infeções transmitidas pelo ar. Os núcleos das gotículas são partículas minúsculas (1-10 µm de diâmetro), que representam o conteúdo seco das gotículas. Esta fração pode ser formada por evaporação de gotículas que foram emitidas em situações de tosse ou de espirro.

Processo de Transmissão de Gotículas– As bactérias e vírus causadores de doenças são transportados na boca, nariz, garganta e sistema respiratório. Estes elementos podem ser disseminados através do contato direto com gotículas emitidas por uma pessoa infetada quando tosse ou espirra, ou através da saliva ou muco presente nas mãos que não foram devidamente desinfetadas

Mecânica de Fluidos- A mecânica dos fluidos refere-se a uma subdisciplina da mecânica que aborda o escoamento de fluidos em movimento. Na Mecânica dos Fluidos estão envolvidas outras áreas de estudo como a Aerodinâmica e a Hidrodinâmica. A Mecânica de Fluidos envolve o cálculo de vários parâmetros do fluido, como a sua velocidade de escoamento, a pressão, a densidade e temperatura, em função do espaço e do tempo.

Fluidos Incompressíveis – Um fluido cuja densidade permanece constante para variações de pressão isotérmicas.

Ventilação Natural do Ar – É uma forma de fornecer ar climatizado (tendencialmente, ar fresco) a um edifício/sala, tipicamente, através da velocidade do vento ou de diferenças de pressão entre o exterior e interior.

Equações de Navier-Stokes – Na Mecânica dos Fluidos, é uma equação diferencial parcial que descreve o escoamento de fluidos incompressíveis.

Gotículas Respiratórias – É uma pequena gota aquosa produzida por exalação, constituída por saliva, muco e outras matérias derivadas da atividade respiratória. As gotículas respiratórias são produzidas naturalmente em diferentes regimes de respiração, como a respiração em situação de repouso, tosse, espirro, ou quando estamos a falar.

Doença respiratória – É um tipo de doença que afeta os pulmões e outras partes do sistema respiratório. As doenças respiratórias podem ser causadas por vírus, pelo fumo do tabaco, ou pela inalação do fumo passivo do tabaco, amianto e outras formas de poluição do ar. As doenças respiratórias incluem asma, doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), fibrose pulmonar, pneumonia e cancro do pulmão.

Termodinâmica – É o domínio da ciência que relaciona fenómenos de aquecimento, trabalho, temperatura e energia. De uma forma geral, a termodinâmica estuda a transferência de energia de um lugar para outro e de uma forma para outra. O conceito-chave é que o calor é uma forma de energia correspondente a uma determinada quantidade definida de trabalho mecânico.

Sistema de ventilação- É um sistema mecânico que fornece ar climatizado, com determinadas características, a um determinado espaço, consoante as necessidades de climatização.

Viscosidade- É a resistência de um fluido (líquido ou gás) a uma mudança de estado, ou ao movimento.

Glossário pedagógico

Aprendizagem ativa. Uma abordagem de ensino e aprendizagem que “envolve os alunos no processo de aprendizagem através de atividades e/ou discussão em aula, em vez de ouvir apenas os conceitos teóricos a partir do especialista. Este tipo de aprendizagem realça o pensamento crítico e frequentemente envolve trabalho em grupo”.

Brainstorming. O *brainstorming* é uma técnica instrucional com diversas variações, que pode ser realizada em grupos ou com a turma inteira. Durante o *brainstorming*, todos os alunos expressam rapidamente as suas ideias ou conceitos que consideram relevantes para uma determinada questão ou conceito base. O escrutínio das ideias apresentadas não é efetuado durante o *brainstorming* em que o objetivo da atividade é a produção de várias ideias/pontos de vista divergentes sobre o mesmo tema..

Aprendizagem colaborativa. A aprendizagem colaborativa é um modelo didático que envolve um conjunto de técnicas pedagógicas, durante as quais os alunos cooperam e/ou colaboram durante o processo de aprendizagem, em oposição à utilização da metodologia tradicional de ensino utilizada nas escolas. A aprendizagem colaborativa pode melhorar os resultados da aprendizagem, o nível de interesse e participação dos alunos, assim como as suas competências de colaboração e comunicação.

Técnica de debate. Técnica verbal utilizada com a finalidade de envolver um grupo num determinado tema que será apresentado/debatido. Esta técnica consiste em dividir a turma em vários grupos onde cada um participa na discussão de um tema geral e na construção de um “compromisso geral” entre todos.

Trabalho em equipa. Aprofunda o conhecimento, desenvolve competências de pesquisa e resolução de problemas; desenvolve capacidades de participação/intervenção, cooperação e criatividade; desenvolve atitudes de trabalho em equipa, competências sociais e conhecimento.

Aprendizagem baseada em questionários. Aprendizagem baseada em investigação com a participação dos alunos em atividades de aprendizagem durante as quais eles desenvolvem várias competências de investigação científica. Os alunos fazem uso dessas competências para responder a questões científicas colocadas pelos próprios alunos ou pelo professor, e através do tratamento/análise de dados experimentais recolhidos por eles mesmos ou obtidos através de outras fontes. Algumas competências

comuns de investigação incluem a construção e uso de modelos, realização de experiências, recolha e organização de dados, manipulação de variáveis, elaboração de conclusões obtidas através do tratamento de dados e comunicação sobre questões científicas.

Aprendizagem baseada em projetos. A aprendizagem baseada em projetos é um modelo pedagógico de aprendizagem ativa. Tem várias vertentes, durante as quais os alunos trabalham em grupo no desenvolvimento de projetos, que frequentemente se referem a problemas ou situações com condições próximas às quais encontramos na vida real. A aprendizagem baseada em projetos inclui as fases de iniciação, desenvolvimento e apresentação do mesmo.

Fontes: <https://www.britannica.com/>; [Public Health Agency of Canada](#); [EuroHealthNet](#); [National Library of Medicine](#)

Literatura Indicativa

Houghton, E. L. & Carpenter, P. W. (2003). *Aerodynamics for Engineering Students*, Fifth Edition. Butterworth-Heinemann. pp 52-89.

Moukalled, F., Mangini, L. & Darwish, M. (2016). *The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab*. Springer Publishing. pp 3-8.

Versteeg, H. K. & Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite Volume Method*, Second Edition. Pearson Education. pp 1-4, 9-16.

Competências / Objetivos de Aprendizagem

Competências-chave

STEM/ pessoal, social, cidadania

Conhecimento

Conceitos de física:

- Escoamento de ar;
- Sistema de ventilação;
- Mecânica de fluidos;

Conceitos de epidemiologia:

- Transmissibilidade;
- Sociabilidade;
- Infeciosidade;
- Disseminação da Epidemia;

Conceitos da ciência médica:

- Gotículas Respiratórias;
- Distanciamento Social;
- EPIs (Equipamentos de Proteção Individual);
- Doenças Respiratórias;

Conhecimento - Avaliação de Resultados:

1. Explica, de forma generalizada, o processo de disseminação de vírus por via aérea.

2. Identifica fatores que influenciam a propagação de gotículas respiratórias.
3. Identifica fontes de risco no ambiente.
4. Identifica medidas e propõe ações gerais para combater doenças que se propagam pelo ar.
5. Compreende como os sistemas de ventilação podem ajudar na mitigação da propagação de vírus por via aérea.

Competências (Capacidades/Competências)

Em geral: curiosidade, cooperação, pensamento crítico, autoconsciência, cidadania, definição de problemas, resolução de problemas, análise e discussão de factos, argumentação, oratória e apresentação, participação em brainstorming, debate, raciocínio hipotético-dedutivo, raciocínio indutivo, aprendizagem baseada em problemas, compreensão de princípios e modelos científicos, planeamento e realização de um projeto baseado em pesquisa, pensamento crítico, trabalho em equipa, análise e compreensão de simulações computacionais, compreensão das aplicações de modelos matemáticos, avaliação de riscos e tomada de decisões.

Específico:

- Encontra, analisa e interpreta dados científicos, textos e representações gráficas dinâmicas para perceber o impacto na saúde pública de doenças que se propagam pelo ar.
- Compreende a diferença entre factos e opiniões, entende como encontrar informação duvidosa, avalia a credibilidade das informações relacionadas com saúde, com base em diversos fatores que influenciam a credibilidade das informações.
- Compreende a relevância dos factos científicos para explicar fenómenos relacionados com a saúde pública e doenças que se propagam pelo ar, e produz argumentação.
- Avalia riscos individuais e comunitários e padrões de comportamento de risco e de proteção.
- Define estratégias adequadas que reduzam o risco de infeção, quer a nível individual, quer a nível comunitário, de doenças que se propagam pelo ar.
- Compreende a importância da utilização de uma ferramenta computacional na avaliação e previsão de riscos de infeção de doenças que se propagam pelo ar, tendo em conta a configuração dos espaços.

Competências - Avaliação de Resultados:

1. Obtém, avalia e comunica factos relacionados com a transmissão de vírus por via aérea.
2. Consegue antecipar as consequências de certos comportamentos de risco (por exemplo: não colocar o braço à frente da boca quando se está prestes a espirrar ou a tossir).
3. Rejeita comportamentos de risco na presença de outros (por exemplo: a não utilização de máscaras em espaços fechados quando a sua utilização é obrigatória ou recomendada).
4. Sente-se capaz de influenciar a adoção de comportamentos de prevenção de outras pessoas (por exemplo: família, colegas, amigos).

Afetivo/Atitudes/Comportamento

- Adota atitudes gerais de perceção de risco.
- Adota atitudes para minimizar o risco de doenças transmitidas pelo ar (por exemplo, consciencialização para manter os espaços partilhados bem higienizados).
- Promove a comunicação e o debate de medidas para a redução de riscos, especificamente, políticas públicas com impacto ao nível da saúde da comunidade escolar e da comunidade em geral.
- Utiliza ferramentas computacionais para resolver problemas matemáticos complexos relacionados com a saúde pública.

Afetivo, Atitudes e Comportamento - Avaliação de Resultados:

1. Acredita que o comportamento cívico e consciente é fundamental para evitar a proliferação desproporcional de doenças que se propagam pelo ar na comunidade escolar e na comunidade em geral.

2. Acredita que o comportamento individual tem influência na incidência de doenças transmitidas pelo ar.
3. Reprova padrões de comportamento de risco no seu ambiente de vida.
4. Acredita que a utilização de ferramentas computacionais pode ajudar na resolução de problemas que envolvem as áreas STEM relacionados com a saúde pública.

Objetivos e resultados de aprendizagem

- Usa ferramentas computacionais para construir tabelas, gráficos e outros dados que auxiliem a compreensão do processo físico por detrás da propagação de gotículas.
- Obtém, avalia e comunica dados e informação de base científica sobre doenças que se propagam pelo ar.
- Usa factos para construir argumentação sobre a transmissão de vírus por via aérea.
- Dá exemplos de fatores que influenciam a transmissão de vírus por via aérea na comunidade.
- Descreve diferentes abordagens para proteger, desenvolver e influenciar positivamente a saúde pública.

Métodos de avaliação

- Avaliação do resultado
 - Quantitativo – questionário em papel.
 - Qualitativo – projeto dos alunos.
- Avaliação do processo – avaliação da sequência ensino-aprendizagem – grelha de observação: alcance do público-alvo e extensão; implementação do cenário conforme planeado; execução do cenário de aprendizagem conforme esperado/questões organizacionais a serem resolvidas; duração da sequência de ensino-aprendizagem; número de pessoas expostas; avaliação por nível de envolvimento no projeto – alunos (“Foi divertido realizar o projeto?”/“Achas que seria divertido voltar a realizar o projeto?”)/ “Como é que achas que o projeto poderia ser melhorado?”).

Conteúdo (relevante para objetivos de aprendizagem e tópicos de pesquisa)

Conteúdo STEM

- Mecânica de Fluidos.
- Cálculo Termodinâmico Computacional.
- Mecânica de Fluidos Computacional.
- Equações de Navier-Stokes.
- Equação do momento.
- Investigação Numérica sobre Distribuição de Gotículas Respiratórias em Espaços Fechados.
- A propagação de doenças por via aérea.

Conteúdo não STEM

- Adoção de um estilo de vida cívico e consciente para evitar e mitigar riscos.

Objetos digitais de aprendizagem (OAs) e Recursos Educacionais Digitais (DERs)

➤ Criados especificamente para o projeto PAFSE

- Ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) (OA1)
- Repositório de resultados de simulação obtidos com a ferramenta CFD. (imagens, vídeos) (DER1)

- Apresentação PowerPoint dos conceitos essenciais do cenário. (DER2)
 - Guião de aprendizagem, para professores, do PowerPoint com os conceitos introdutórios. (DER3)
 - Apresentação PowerPoint sobre como construir e analisar um documento científico. (DER4)
 - Documento explicativo sobre a lógica de aplicação de simulações CFD. (DER5)
 - Guião de aprendizagem, para professores, com a sequência/explicação da análise dos vídeos da aula 3 e do respetivo preenchimento da ficha de trabalho. (DER6)
 - Guião de aprendizagem, para alunos, da sequência de análise dos vídeos da aula 3 e da sequência de preenchimento da respetiva ficha de trabalho. (DER7)
 - Apresentação PowerPoint, exclusiva para professores, com a explicação detalhada dos vídeos a analisar nas aulas 3 e 4. (DER8)
 - Guião de aprendizagem, para professores, com a sequência/explicação da análise dos vídeos da aula 4 e do respetivo preenchimento da ficha de trabalho. (DER9)
 - Guião de aprendizagem, para alunos, da sequência de análise dos vídeos da aula 4 e da sequência de preenchimento da respetiva ficha de trabalho. (DER10)
 - Apresentação PowerPoint sobre como construir um póster. (DER11)
 - Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). (DER12)
 - Ficha de avaliação sumativa sugestiva. (DER13)
- Recursos acima mencionados, disponíveis no seguinte link:

Cenário 1

- Recursos educacionais retirados de outras fontes/plataformas de alta qualidade

Sobre o Processo de transmissão de vírus por via aérea

- <https://engineering.purdue.edu/~yanchen/paper/2006-3.pdf> (Página 1-4). (DER13)
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7196697/> (Tabela II). (DER14)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (DER15)
- <https://www.healthline.com/health/disease-transmission#indirect-contact> (DER16)
- <https://www.medicalnewstoday.com/articles/317632#common-airborne-diseases> (DER17)
- <https://www.webmd.com/lung/what-are-airborne-diseases> (DER18)

Sobre o Tamanho e a duração da suspensão de partículas respiratórias no ar

- https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/219325B967EEBDB76464532AB3357F6C/S0022172400019288a.pdf/size_and_the_duration_of_aircarriage_of_respiratory_droplets_and_droplet_nuclei.pdf (DER19)

Resultados de simulações CFD sobre propagação de partículas respiratórias

- <https://www.youtube.com/watch?v=aDLs3vbzZag> (DER20)
- <https://reader.elsevier.com/> (DER21)
- <https://re.public.polimi.it/> (DER22)
- <https://www.buffalo.edu/ccr/services/research-highlights.host.html/content/shared/www/ccr/research-highlights/simulations-of-indoor-space-with-the-sterispacem-air-esterilização>. (DER23)

Sobre Doenças Respiratórias

- <https://www.healthline.com/health/airborne-diseases> (DER24)
- <https://www.medicoverhospitals.in/articles/air-borne-diseases> (DER25)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (DER30)

- <https://www.initial.com/pt/todos-os-setores/higiene-em-centros-comercias> (DER31)

Sobre como prevenir a propagação de doenças respiratórias com o auxílio de ventilação

- <https://www.daikinapplied.uk/news-center/preventing-the-spread-of-coronavirus-with-ventilation-systems/>(DER26)

Informações sobre o que está por detrás da ferramenta CFD

- <https://www.britannica.com/science/Navier-Stokes-equation> (DER27)
- https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/930957/444623/Numerical%20and%20experimental%20analysis%20of%20airborne%20particles%20control%20in%20an%20operating%20theater_11311-930957_Romano.pdf (apenas conclusão dos artigos)(DER28)
- <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0fe1dae233f76168f0e0448172a28ca2d21cc952> (apenas resumo do artigo) (DER29)

Atividades de ensino-aprendizagem (plano de aula/processo de aprendizagem)

Disciplina-Alvo:

- Aulas de físico-química (vertente da Física), clubes de ciências.
- 9º ano (alunos +/- 15 anos).
- Cerca de 6 aulas de 40-45 minutos de duração.
- Os professores de física integram outros colegas na implementação do cenário (por exemplo, professores de TIC, Ciências, Matemática, Inglês), pois a implementação do cenário pretende ser interdisciplinar.

Tópicos de cada aula:

- Aula 1: Apresentação do cenário e respetivos conceitos introdutórios.
- Aula 2: Explorar conceitos da física de transmissão do vírus por via aérea
- Aula 3: Analisar simulações CFD de um caso de estudo inicial
- Aula 4: Analisar simulações CFD de um caso de estudo mais complexo
- Aula 5: Apresentação e debate dos resultados obtidos na análise das simulações
- Aula 6: Conclusão da aula 5 e discussão sobre o projeto de investigação escolar

Aula 1: Apresentação do cenário e respetivos conceitos introdutórios

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:

- Consegue identificar os principais parâmetros físicos que influenciam a disseminação de partículas respiratórias.
- Entende como um simulador de CFD pode auxiliar na previsão, prevenção e disseminação de doenças transmitidas pelo ar.

➤ **Sumário da aula 1:**

Na aula 1, é apresentado o projeto aos alunos e são exploradas de forma simples, os conceitos essenciais de Mecânica de Fluidos e Mecânica de Fluidos Computacional (CFD), assim como algumas das

potencialidades da ferramenta CFD. Discussão sobre como construir e analisar um documento científico.

➤ **Atividade 1**

No início da aula, o professor discute com os alunos os objetivos e a planificação das próximas aulas, referindo como é que o projeto PAFSE será implementado, mencionando ainda o projeto de investigação escolar. O professor explica os principais objetivos a atingir com a implementação do cenário:

1. Os alunos estudam problemas relacionados com a disseminação de partículas respiratórias pelo ar e infeção humana numa determinada sala e em condições pré-definidas.
2. Os alunos exploram e explicam o problema compreendendo como funciona a transmissão por via aérea de partículas/vírus.
3. Os alunos procuram informação científica sobre o escoamento de partículas respiratórias, pesquisam em fontes fidedignas, e partilham as ideias com o professor e colegas.
4. Os alunos exploram uma ferramenta computacional que simula o escoamento de partículas em espaços fechados.
5. Os alunos compreendem a complexidade do processo (disseminação de partículas por via aérea), mas que com o apoio de uma ferramenta computacional [OA1] os fenómenos são mais fáceis de prever, caracterizar e analisar;
6. Os alunos entendem que os simuladores são ferramentas computacionais relevantes para a resolução de problemas da vida real.
7. Os alunos compreendem de forma generalizada, os princípios da física e as equações matemáticas que explicam a disseminação de partículas e o funcionamento de uma ferramenta computacional.
8. Os alunos analisam e estudam resultados obtidos a partir das simulações computacionais, explicam o comportamento das partículas no interior da sala e as diferenças observadas entre simulações.
9. Os alunos compreendem como se desenvolve o escoamento de partículas em diferentes ambientes e propõem medidas e recomendações para prevenir ou mitigar a propagação de partículas pelo ar nos espaços escolares e comunitários.
10. Com base nas simulações computacionais e todo o processo de ensino-aprendizagem, propostas e recomendações para a saúde comunitária são elaboradas pelos alunos e apresentadas à comunidade, no evento escola aberta, sob a forma de um póster, constituindo a criação deste elemento, o projeto de investigação escolar.

➤ **Atividade 2**

Para iniciar a implementação do cenário, o professor utiliza o PowerPoint criado para esta aula com o nome “Introdução Cenário 1”. (DER2). Para que o professor entenda o que é pretendido transmitir aos alunos com este documento, e a forma como deve ser transmitido, o professor utiliza o guião com o nome “Guião PPT Introdução”. (DER3). O PPT é constituído por 6 slides e contém os conceitos introdutórios fundamentais a transmitir aos alunos sobre Mecânica de Fluidos Computacional (CFD), e a física de transmissão de vírus por via aérea. A apresentação deste documento será fundamental para que os alunos estabeleçam uma ligação entre os conteúdos científicos inerentes ao cenário e as atividades que irão desenvolver, subseqüentemente, nas aulas seguintes.

Como já foi referido, o PPT “Introdução Cenário 1 é constituído por 6 slides, em que a explicação do conteúdo de cada slide é mencionada no documento “Guião PPT Introdução”. Para que a aula não seja apenas teórica, e envolva a participação dos alunos, cada slide começa com uma pergunta, ao qual os alunos respondem e questionam as opções dos outros colegas, gerando-se desta forma um debate crítico sobre o tema em questão. As perguntas a serem lançadas aos alunos em cada slide são as seguintes:

1. “O que é a Mecânica de Fluidos (MF)? Que propriedades do fluido é que são analisadas em MF?”
2. “Que forças é que atuam numa partícula respiratória?”
3. “Como relacionar as propriedades e as forças de um fluido?”
4. “Precisamos saber resolver as equações de Navier-Stokes? Como analisar resultados de simulações CFD?”

5. “Como aplicar a Mecânica de Fluidos Computacional a um problema?”
6. “Vamos Recordar...”

As respostas gerais a cada pergunta acima mencionada, que pode ser analisada em detalhe no documento “Guião PPT Introdução” (DER3), são as seguintes:

1. **Resposta Pergunta 1:** É a área da Engenharia Mecânica que estuda, analisa e interpreta o movimento de um qualquer fluido, no estado líquido (ex: água, óleo, etc.) ou gasoso (ex: ar, gases poluentes, etc.), no espaço e no tempo. Na área de Mecânica de Fluidos, o movimento de um fluido é designado por **escoamento** de um fluido. As propriedades a analisar para interpretar o escoamento de um fluido variam de problema para problema. Por exemplo, se o fluido foi incompressível (ex: água), a análise da densidade deste mesmo fluido poderá ser desprezável, mas por norma, as propriedades que mais se utilizam para analisar o escoamento de um fluido são a sua temperatura, pressão, densidade, velocidade, e viscosidade, sendo esta última, uma das mais importantes, uma vez que permite analisar o grau/índice de resistência ao movimento por parte de um fluido. Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o slide em questão.

PAFSE Partnerships for Science Education

ISL Page 2

O que é Mecânica de Fluidos ?

- > Área da Engenharia Mecânica que estuda o movimento de um fluido (escoamento), no espaço e no tempo.
- > Estuda o escoamento analisando as suas propriedades e a relação das mesmas com as forças que atuam no fluido.

- > Que propriedades do fluido é que são analisadas?
- > Algumas propriedades que caracterizam um fluido são:
 - Pressão, p ;
 - Temperatura, T ;
 - Densidade, ρ ;
 - Velocidade, u ;
 - Viscosidade (resistência ao movimento), μ .

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006468.

2. **Resposta Pergunta 2:** No PowerPoint esta pergunta é dirigida para as forças que atuam especificamente nas partículas respiratórias, que é o fluido que os alunos analisam no cenário. Nesse sentido, são duas as forças que, concomitantemente, são aplicadas numa partícula respiratória e que permitem que a mesma se mantenha em suspensão durante algum tempo, até que eventualmente se deposite no chão, nas paredes, nas pessoas, que seja evaporada, ou até que se subdivida em partículas de menor dimensão. Uma é a força gravítica, que no PowerPoint é representada com a famosa imagem da maçã que caiu na cabeça de Isaac Newton, e a outra força é a de resistência do ar ou *drag force* que é representada no PPT com uma imagem de um ciclista a correr contra o vento. Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o slide em questão.

PAFSE Partnerships for Science Education

ISL Page 3


Que forças é que atuam numa partícula respiratória ?

> Existem várias forças aplicadas numa partícula respiratória. Ainda assim, as **duas forças mais significativas**, ou seja, que **mantêm a partícula em suspensão no ar**, são:

Força Gravítica



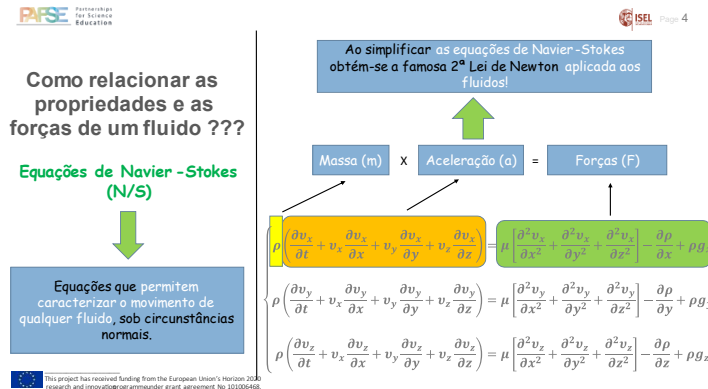
Força Resistência do Ar



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006468.

3. **Resposta Pergunta 3:** A relação entre propriedades e forças de um fluido é estabelecida por via matemática por intermédio da famosa equação de Navier-Stokes (N/S). (DER27) Esta é uma

equação diferencial parcial de 2ª ordem que permite caracterizar o movimento (escoamento) 1D, 2D e 3D (na teoria) de um qualquer fluido sob circunstâncias normais. Simplificando a equação de Navier-Stokes, obtém-se a famosa 2ª lei de Newton, a lei da dinâmica, $F = ma$. Reforça-se que a explicação de cada termo da equação de N/S está presente no documento “Guião PPT Introdução”. **Nota:** Ainda assim, a explicação encontrada neste guião não é necessária ser transmitida aos alunos, pois o seu conteúdo não é adequado para os alunos alvo deste projeto. Esta explicação serve apenas para capacitar os professores sobre este tema, para que consigam lecionar este PowerPoint sem dificuldades. O que é essencial com esta pergunta/slide é que os alunos percebam posteriormente, o que é que está por detrás das simulações CFD que irão analisar, e o método científico inerente a criação de uma simulação deste teor. Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o slide em questão.



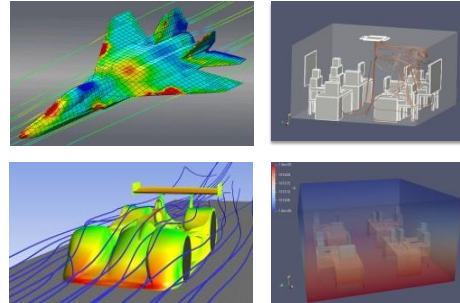
4. **Resposta Pergunta 4:** Na resposta a esta pergunta é apresentada a ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) [AO1]. Como foi referido, as equações de Navier-Stokes são equações diferenciais parciais de 2º grau. O “simples” facto de já serem equações diferenciais, complica e muito a sua resolução, que por si só apresentam infinitas soluções, e o facto de serem equações de 2º grau complica ainda mais a sua resolução. Com os avanços tecnológicos, atualmente já existe uma ferramenta computacional que permite resolver estas equações de Navier-Stokes, desde o caso mais simples, ao mais complexo. A área que trabalha com esta ferramenta computacional designa-se Mecânica de Fluidos Computacional, mas comumente é referida como CFD (*Computational Fluid Dynamics*). No slide respetivo à pergunta 4 é referido que, atualmente a ferramenta CFD já é aplicada nas mais diversas áreas da ciência, tais como nas áreas da medicina, biologia, engenharia (ex: aerodinâmica, e mecânica). Por norma os resultados da resolução das equações de Navier-Stokes, e, por conseguinte, das simulações, podem ser apresentados sob a forma de gráficos, imagens, tabelas, etc. No slide respetivo às respostas da pergunta 4 estão representados resultados de simulações CFD referentes a testes de resistência aerodinâmica da asa de um avião e de um carro de fórmula 1, assim como de resultados de simulações CFD que foram analisadas para a realização deste projeto, pretendendo com estas ilustrações, demonstrar aos alunos o que se consegue obter com CFD. Reforça-se que a explicação em detalhe do que se observa em cada imagem está presente no “Guião PPT Introdução” (DER3). **Nota:** É fundamental referir neste slide que a utilização da ferramenta CFD é de suma importância porque permite ao seu utilizador simular um acontecimento antes mesmo de ele ocorrer, e com isso retirar as devidas ilações, algo que os alunos irão fazer quando analisarem as simulações de escoamento de partículas para diferentes regimes de respiração, e em diferentes configurações de sala. Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o slide em questão.

Precisamos de saber resolver as equações de N/S ?

- Com os **avanços tecnológicos**, hoje em dia já conseguimos **utilizar o poder computacional** para resolver as equações de Navier-Stokes através da **Mecânica dos Fluidos Computacional (CFD)**.
- Área da Mecânica de Fluidos que permite **prever/simular o escoamento de um fluido**.
- É uma ferramenta muito utilizada em várias áreas da ciência (Aerodinâmica, Medicina, Biologia, Climatização, entre outras...).

 This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006468.

- **Como analisar os resultados das simulações?**



5. **Resposta Pergunta 5:** Inicialmente, é necessário transmitir a noção que qualquer software CFD irá resolver sempre as equações de Navier-Stokes para produzir uma determinada simulação. Agora, para se simular uma determinada situação, é necessário introduzir no software CFD 3 características fundamentais sobre essa situação específica: as propriedades do fluido em questão e as forças que nele atuam, assim como as características do espaço físico a simular. Sem a inserção de todas estas características, o software CFD nunca conseguirá simular eficazmente o escoamento de um fluido pretendido numa situação específica. Na Mecânica de Fluidos Computacional, estas características são mencionadas de **condições de fronteira**. As primeiras duas características (propriedades e forças) já foram abordadas. Em relação às características do espaço físico a simular, estes parâmetros dizem respeito, por exemplo, às dimensões do espaço onde se simula o escoamento, as propriedades do sistema de ventilação (ex: caudal de ar dos difusores, dimensão do equipamento), temperatura das paredes e das próprias superfícies da pele dos ocupantes da sala, o grau de abertura de uma janela ou porta, ou a temperatura e/ou a velocidade do ar exterior que entra na sala. Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o slide em questão.

Como aplicar a Mecânica de Fluidos Computacional a um problema?

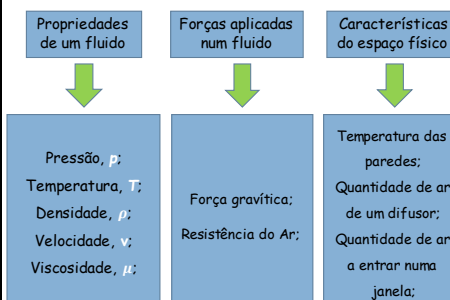
Utilizando **Condições de Fronteira !**



Em trabalhos de CFD, as condições de fronteira são os parâmetros que permitem à ferramenta computacional simular corretamente o escoamento do fluido num determinado espaço físico.

 This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006468.

- **Que condições de fronteira é que existem ?**

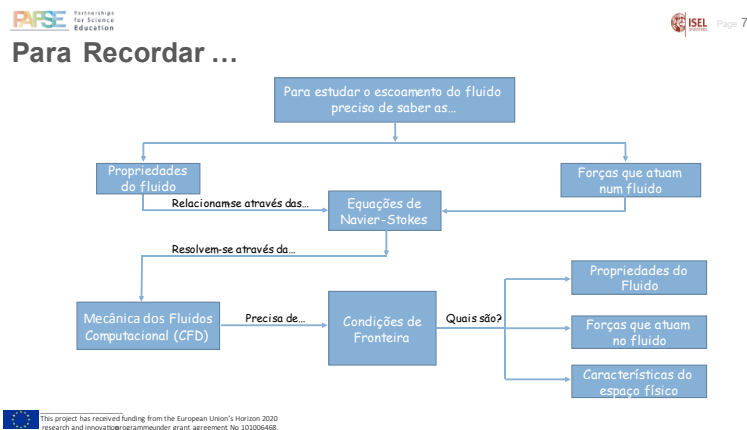


6. **Ponto 6:** O ponto 6 é por si só uma atividade interativa que os alunos desenvolvem. No slide respetivo a este ponto, os alunos têm um quadro-síntese com uma série de espaços que preenchem com as respostas corretas, consoante o que foi lecionado. Os alunos são divididos em grupo e respondem aos espaços em branco. A ideia geral a transmitir com este slide é fazer o seguinte apanhado geral sobre aquilo que foi discutido na apresentação do PowerPoint:

1. Para estudar o escoamento do fluido é preciso saber as propriedades do fluido e as forças que nele atuam.

2. Ambos os parâmetros (propriedades e forças) de um fluido relacionam-se através das equações de Navier-Stokes.
3. Para resolver as complexas equações de Navier-Stokes temos à nossa disposição uma ferramenta, a Mecânica de Fluidos Computacional (CFD).
4. Para utilizar esta ferramenta preciso de introduzir no software CFD as condições de fronteira.
5. As condições de fronteira são as propriedades do fluido, as forças que nele atuam, e as características do espaço físico.

Na imagem abaixo ilustrada é possível analisar o quadro-síntese em questão, assim como os espaços que os alunos terão de preencher.



Nota Final Atividade 2: Como foi descrito ao longo da descrição da atividade 2, os professores têm à sua disposição tanto o PowerPoint “Introdução Cenário 1”, como o respetivo guião explicativo “Guião PPT Introdução”. Além destes elementos, os professores têm também acesso a um documento intitulado “Lógica Utilização CFD” (**DER5**) que contém justamente, a *modus operandi* de manuseamento da ferramenta CFD para que, em primeira instância, auxilie a capacitação dos professores para lecionar sobre o tema em questão, e, por eventual interesse, possa servir de base inicial para um aprofundamento do conhecimento nesta área científica. Cada documento acima mencionado é ainda acompanhado, no seu término, de literatura adicional sobre Mecânica de Fluidos e Mecânica de Fluidos Computacional (CFD).

➤ Atividade 3

A atividade 3 é iniciada no fim da aula 1, e caso necessário, concluída na aula 2. Nesta atividade, e porque é importante prestar *feedback* aos alunos sobre como proceder para pesquisar informação credível para realizar um trabalho de investigação. Foi preparada uma nova apresentação PowerPoint intitulada “Tutorial: Como Escrever e Ler um Documento Científico”, que o professor utiliza para explicar aos alunos como é feita a construção de um documento científico e como é que se analisa um documento científico. (**DER4**) Para tornar a atividade mais interativa com os alunos. Os primeiros 2 slides têm previamente uma pergunta, a que os alunos respondem antes de ser exibido o conteúdo do slide. As perguntas são “Qual a importância de ler um documento científico?”, e “Como ler um documento científico”. Desta forma, é gerado um debate entre os alunos, permitindo o desenvolvimento do seu pensamento crítico e argumentativo. Fundamentalmente, o **DER4**, é dividido em 2 partes: a primeira expõe a sequência de como ler/analisar um documento científico, assim como retirar a informação que nos é útil, e a segunda parte pretende transmitir aos alunos, passo-a-passo, como poderão construir um documento científico de raiz. O documento apresenta ainda as diferentes tipologias convencionais para se compor o subcapítulo das referências bibliográficas (ex: *Vancouver*, *IEEE*), contendo exemplos de como mencionar uma referência bibliográfica em cada uma das tipologias

referidas. O objetivo a atingir com esta atividade, é por um lado, capacitar os alunos das competências necessárias para a aula seguinte onde terão de pesquisar informação científica, e por outro, demonstrar como é que uma das etapas mais importantes de trabalhos de investigação nas área STEM, é normalmente realizada: com investigação, recolha e tratamento de dados que posteriormente serão úteis num trabalho que esteja a conduzir.

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 1:**

- Ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) (OA1)
- Repositório de resultados de simulação obtidos com a ferramenta CFD. (imagens, vídeos) (DER1)
- Apresentação PowerPoint dos conceitos essenciais do cenário. (DER2)
- Guião de aprendizagem, para professores, do PowerPoint com os conceitos introdutórios. (DER3)
- Apresentação PowerPoint sobre como construir e analisar um documento científico. (DER4)
- Documento explicativo sobre a lógica de aplicação de simulações CFD. (DER5)
- <https://www.britannica.com/science/Navier-Stokes-equation>(DER27).

Aula 2: Explorar conceitos da física de transmissão do vírus por via aérea

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:


- Reconhece e caracteriza o processo físico geral de disseminação de partículas respiratórias.
- Identifica fatores que influenciam a propagação de gotículas.
- Identifica doenças que se propagam por via aérea.

➤ **Sumário da Aula 2:**

Atividade prática sobre o processo físico de propagação de partículas por via aérea.

➤ **Atividade 1**

Caso o professor não tenha concluído a atividade 3 na aula 1, pode utilizar o início da aula 2 para concluir a apresentação de como ler e construir um documento científico. De seguida, o professor propõe à turma uma atividade que visa analisar, explorar e aprofundar os conhecimentos que os alunos adquiriram na aula 1 relativos ao processo físico de transmissão de partículas. Para este efeito, o professor divide a turma em grupos de 4/5 alunos e distribui aos alunos a ficha de trabalho proposta para esta aula (DER12). A ficha de trabalho é composta por 3 questões, em que na primeira os alunos têm de realizar uma pesquisa autónoma sobre o processo físico de transmissão de partículas respiratórias, na segunda têm um jogo de palavras cruzadas interativo para preencher com conceitos lecionados na aula 1, e na terceira pergunta têm uma escolha múltipla onde precisarão de proceder novamente a uma atividade de pesquisa para responder corretamente à questão relacionada com a dimensão de uma partícula respiratória. A ficha de trabalho a ser distribuída aos alunos/grupos nesta aula é representada pelas imagens abaixo ilustradas.

	Cenário 1: "Goticulas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"
	Unidade Curricular: _____ Docente: _____ Ficha de Trabalho Nº 1: Física da transmissão da partícula respiratória
Nome: _____ Nº: _____ Data: ____/____/____	

I. Tendo em conta o que já sabes sobre o tema, e fazendo uma pesquisa, responde às seguintes perguntas:

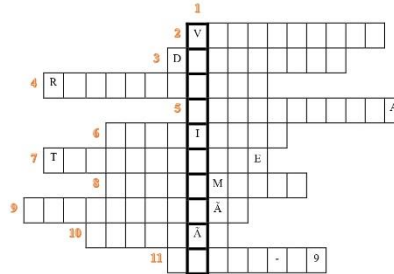
1.1. Têm alguma ideia de como é que as partículas se propagam pelo ar? (Nota: podes aceder aos links que se encontram mais abaixo na secção "Para saber mais...", onde, pela palavra-chave, consegues encontrar informação para esta pergunta).

Projeto PAFSE: Cenário 1: "Goticulas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

1

1.2. Preenche o seguinte jogo de palavras-cruzadas relacionado com o tema da aula.

- | | |
|--|--|
| 1. Sistema mecânico de circulação de ar. | 7. Doença que se propaga por via aérea. |
| 2. Propriedade de um fluido. | 8. Nome para movimento de um fluido. |
| 3. Propriedade de um fluido. | 9. Doença que se propaga por via aérea. |
| 4. Força que atua numa partícula respiratória. | 10. Propriedade de um fluido. |
| 5. Propriedade de um fluido. | 11. Doença que se propaga por via aérea. |
| 6. Força que atua numa partícula respiratória. | |



1.3. Qual o intervalo de dimensões de um partícula respiratória? Assinala a opção correta. (Nota: utiliza os links da secção "Para saber mais..." para responderes à pergunta corretamente).

- 1 a 10 µm.
- 1 a 2000 µm (micrômetro).
- 50 a 500 µm.
- 100 a 1500 µm.

Projeto PAFSE: Cenário 1: "Goticulas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

2

Para saber mais...

Se quiseres explorar mais sobre o tema desta aula, tens disponível na "Tabela Palavras-Chave" um conjunto de links com informações adicionais relacionados com cada palavra-chave. Para acederes a essas informações, é só carregares nos links que se encontram na secção "Referências" correspondente ao número que viste na tabela.

Tabela Palavras – Chave

Palavras-Chave	Nº de Referência
Dimensão Partículas Respiratórias	[1]
Propagação de Partículas Respiratórias	[2]
Doenças que se transmitem pelo ar	[3] [4]

Referências

- [1] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7196697/>
- [2] <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475>
- [3] [Airborne Diseases: Types, Prevention, and More \(healthline.com\)](https://www.healthline.com/health/airborne-diseases-types-prevention-and-more)
- [4] [Airborne Diseases | Medicovert Hospitals](https://www.healthline.com/health/airborne-diseases-medicovert-hospitals)

Projeto PAFSE: Cenário 1: "Goticulas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

3

Cada ficha de trabalho deste cenário contém uma versão com solução, que está disponível no link presente no subcapítulo dos objetos digitais de aprendizagem. Relativamente à constituição desta ficha de trabalho, é possível observar no fim da mesma a secção "Para saber mais...", que possui uma tabela onde estão identificadas várias palavras-chave com um número da referência bibliográfica correspondente.

Por baixo da tabela estão os links de acesso a cada uma das referências mencionadas na tabela. Nestes links, os alunos poderão encontrar as respostas às perguntas 1 e 3, tendo apenas de selecionar a palavra-chave correta. Sucintamente, a resposta que os alunos deveriam dar às perguntas de pesquisa 1 e 3, era a seguinte:

- 1. Resposta Pergunta 1:** Como se viu na aula 1, as partículas propagam-se e mantêm-se suspensas no ar devido à presença de forças externas aplicadas na partícula, nomeadamente a força da gravidade e a força de resistência do ar, e devido às condições termodinâmicas do espaço em que as partículas foram emitidas (pressão, a temperatura/humidade e a velocidade do ar). As partículas de menor dimensão tendem a ficar mais tempo suspensas no ar, percorrendo maiores distâncias, e as partículas de maior dimensão tendem a depositar-se mais cedo nas superfícies em seu redor.
- 2. Resposta Pergunta 3:** A dimensão da partícula respiratória depende do regime de respiração, tal como observado no tabela II do **DER14**, em que estes valores podem ir de 1 a 2000 μm .

Na atividade de pesquisa, o professor reforça o que já foi trabalhado na apresentação PowerPoint do final da aula 1/início da aula 2 (**DER4**), isto é, o facto de os alunos terem sempre de verificar os seguintes critérios antes de tomar as informações que obtiveram na pesquisa como válidas:

- A fonte e o autor da informação.
- A data em que foi publicado, pois quanto mais antigo um documento, maiores serão os riscos da informação estar desatualizada.
- Adicionalmente, o professor incentiva os alunos a pesquisar informações em bases de dados confiáveis (por exemplo, base de dados da OMS) e artigos científicos, para que essas duas condições sejam garantidas.

Durante a atividade, o professor circula pela sala de aula, e verifica se os alunos estão a ter alguma dificuldade na pesquisa e no tratamento de informação. Caso tal aconteça, o professor deve reforçar a ideia de que os alunos podem recorrer à secção “Para saber mais...”, para obter as respostas às perguntas de pesquisa e pode estruturar a informação de apoio sobre o tema a partir dos seguintes recursos:

- <https://engineering.purdue.edu/~yanchen/paper/2006-3.pdf> (Página 1-4). (**DER13**)
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7196697/> (Tabela II). (**DER14**)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (Apenas introdução do artigo) (**DER15**)
- <https://www.healthline.com/health/airborne-diseases> (Informação sobre Doenças Respiratórias) (**DER16**)
- <https://www.medicoverhospitals.in/articles/air-borne-diseases> (Informação sobre Doenças Respiratórias) (**DER17**)

Na atividade do jogo de palavras cruzadas é pedido que os alunos identifiquem 4 propriedades de um fluido mencionada na aula 1: densidade, velocidade, temperatura, pressão. 2 forças externas que são aplicadas numa partícula respiratória, também mencionadas na aula 1: gravidade, resistência do ar. 3 doenças que se propagam por via aérea: tuberculose, covid-19, constipação. O nome científico utilizado em mecânica de fluidos para movimento de um fluido mencionado na aula 1: escoamento. A palavra-chave do jogo: ventilação.

No final da sessão, o professor informa os alunos que as respostas à ficha devem ser guardadas para posterior discussão na aula 5 que será para apresentação e discussão, por parte dos alunos, das respostas que deram nas várias fichas que realizaram nas aulas anteriores.

Nota Final Importante: Para que o dinamismo da atividade seja criado, e o tempo limite proposta para a aula (40-45 minutos), seja respeitado, é **imperativo** que algumas questões de logística já estejam previamente asseguradas antes de se iniciar a aula, tais como:

- É absolutamente necessário que os alunos tenham acesso à internet para poderem aceder aos links disponibilizados na ficha, quer seja através de computadores ou através dos seus smartphones.
- É importante que antes de iniciar a aula, a mesma já esteja disposta para trabalho em grupo, isto é, antes de se entrar na sala de aula já as mesas devem estar dispostas para trabalho em grupo.
- Se se utilizarem computadores, deve ser feito um levantamento prévio da necessidade de extensões elétricas a utilizar, uma vez que é possível que a sala de aula tenha poucas tomadas elétricas.

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 2:**

- Apresentação PowerPoint sobre como construir e analisar um documento científico. (DER4)
- Documento explicativo sobre a lógica de aplicação de simulações CFD. (DER5)
- Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). (DER12)
- <https://engineering.purdue.edu/~yanchen/paper/2006-3.pdf> (Página 1-4). (DER13)
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7196697/> (Tabela II). (DER14)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (Apenas introdução do artigo) (DER15)
- <https://www.healthline.com/health/airborne-diseases> (Informação sobre Doenças Respiratórias) (DER16)
- <https://www.medicoverhospitals.in/articles/air-borne-diseases> (Informação sobre Doenças Respiratórias) (DER17)

Aula 3: Analisar simulações CFD de um caso de estudo inicial

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:

- Utiliza conceitos da física para explicar o processo de disseminação de partículas respiratórias em espaços fechados.
- Consegue encontrar, analisar e interpretar dados científicos, textos e representações gráficas dinâmicas para perceber o impacto das doenças que se propagam pelo ar, na saúde pública.
- Compreende a relevância dos factos científicos para explicar fenómenos relacionados com a saúde e doenças respiratórias, e produz argumentação.
- Utiliza ferramentas computacionais para melhorar o seu conhecimento sobre o processo de propagação de vírus pelo ar.
- Compreende como os sistemas de ventilação podem auxiliar na prevenção/mitigação da disseminação de doenças respiratórias.

➤ **Sumário da Aula 3:**

Análise de simulações CFD de um caso de estudo inicial. Os alunos irão, através da análise de resultados de simulações, sob a forma de vídeos, observar a influência que a variação dos parâmetros que caracterizam o processo de propagação de partículas respiratórias tem no comportamento das mesmas para diversos regimes de respiração. De seguida, os alunos realizarão a atividade prática de consolidação de conhecimentos adquiridos durante a aula.

➤ **Organização dos materiais da aula 3**

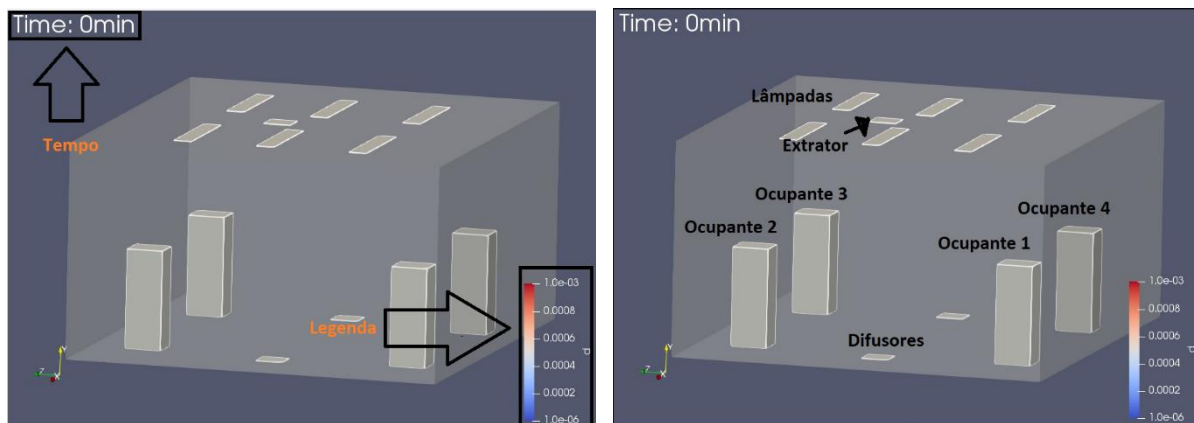
Como foi referido no sumário, esta aula divide-se em 2 partes: uma primeira em que os alunos analisam uma série de resultados de simulações CFD através da observação de vídeos 3D da propagação de partículas respiratórias emitidas em 3 regimes de respiração distintos (DER1): situação em que uma pessoa fala, espirra ou tosse. Na segunda fase, os alunos preenchem a ficha de trabalho proposta (DER12) para consolidar as observações dos vídeos. Para além dos já mencionados vídeos, estão disponíveis para esta aula os seguintes materiais:

- Imagens de diferentes perspectivas da sala no final de cada simulação CFD, para auxiliar os alunos na interpretação dos resultados das respetivas simulações. (DER1)
- Um guião de aprendizagem, para professores, da sequência e explicação de como devem ser analisados os vídeos pelos alunos e como devem preencher a ficha de trabalho. (DER6).
- Um guião de aprendizagem, para alunos, para ser lido antes e durante a aula 3, com a sequência que deve ser seguida para analisar os vídeos e para preencher a ficha de trabalho. (DER7).
- Um PowerPoint, exclusivo para professores, com a explicação detalhada, passo-a-passo, da configuração dos vídeos, e dos fenómenos observados em cada vídeo. (DER8).

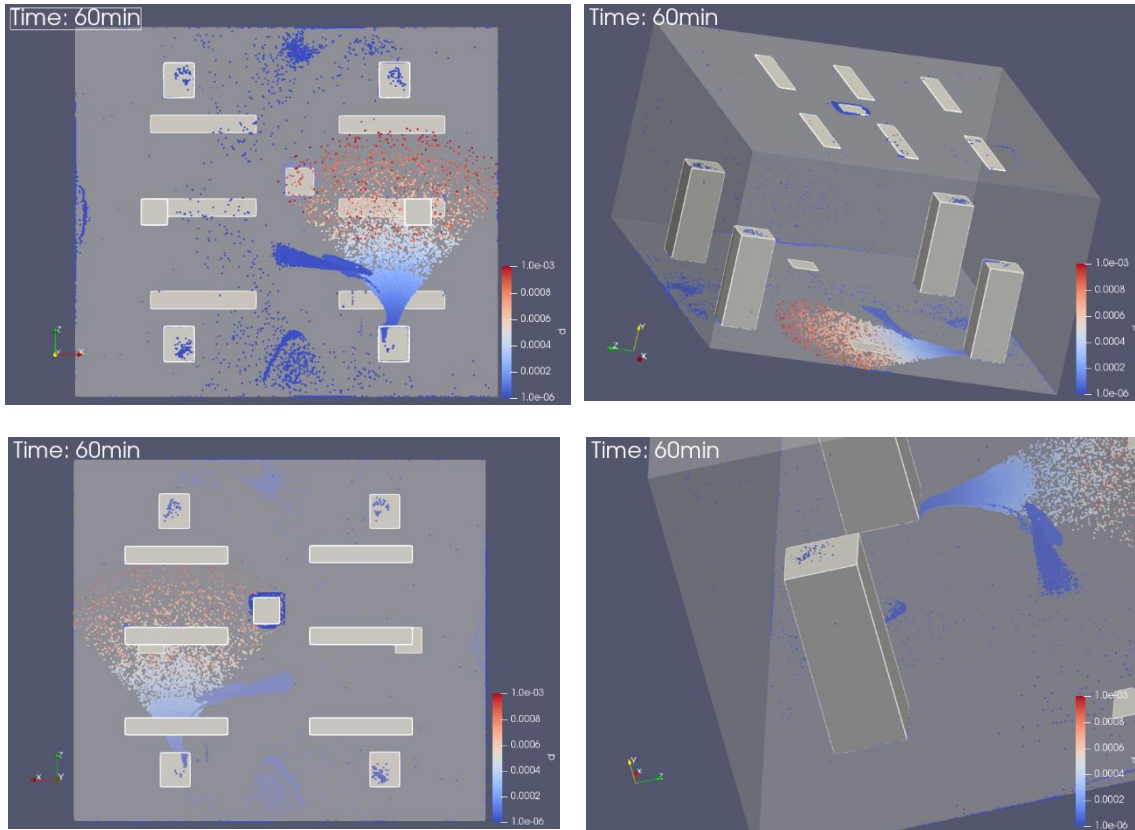
Como referido acima, a explicação do que se observa em cada vídeo e da sequência de análise e preenchimento da ficha por parte dos alunos está descrita, detalhadamente em **DER8** (documento intitulado “Guião Análise Vídeos Aulas 3 e 4”) e **DER6** (documento intitulado “Guião Aula 3 Professor”) respetivamente (recursos disponíveis no subcapítulo os objetos digitais de aprendizagem). De forma sucinta, descreve-se, de seguida, o plano a seguir nesta aula.

➤ Atividade 1

No início da aula os alunos são divididos em grupos de 4/5 alunos e analisam vídeos de simulações CFD de 3 regimes de respiração diferentes: situação em que uma pessoa fala, espirra ou tosse. Para cada situação referida, a sala possui um sistema de ventilação, pelo que para estabelecer um ponto de comparação, os alunos irão analisar também uma situação em que uma pessoa fala, mas a sala não possui sistema de ventilação. Apenas o ocupante 1 emitiu partículas (ver imagem da direita abaixo). Para analisar os resultados das simulações CFD os alunos terão à sua disposição 2 tipologias de vídeos: uma em que apenas se vê o 1º minuto da simulação, e uma segunda em que se observa a totalidade da simulação. Cada simulação foi conduzida para um tempo total de 60 minutos. O tempo da simulação pode ser observado no canto superior esquerdo de cada vídeo. No canto inferior estará contida uma legenda a cores, que representa, em metros, a dimensão de cada partícula emitida pelo ocupante emissor. A escala vai de $1 \cdot 10^{-6}$ m (cor azul) a $1 \cdot 10^{-3}$ m (cor laranja). A sala onde foi simulado cada regime de respiração, é a mesma para os casos da aula 3, à exceção da ausência de sistema de ventilação no caso em que a pessoa fala sem sistema de ventilação. Nas imagens abaixo ilustradas é possível observar a legenda/identificação de cada um dos elementos presentes na sala.



Como foi referido, os alunos terão ainda à sua disposição um conjunto de imagens de diferentes perspectivas da sala, no final de cada simulação (DER1), para auxiliar na interpretação dos fenómenos observados nos vídeos. Nas imagens abaixo ilustradas encontram-se exemplificadas algumas dessas imagens para o caso em que o ocupante 1 falava.



Os alunos terão ainda à sua disposição mais 2 imagens referentes às linhas de correntes de ar da sala, para situação com e sem sistema de ventilação. A explicação sobre o que são linhas de corrente pode ser encontrada em **DER3**. A sequência a seguir, por parte dos alunos, para analisar os vídeos, é a seguinte:

1. Os alunos analisam os vídeos do 1º minuto para as 4 situações, em que, de preferência, a situação com e sem ventilação deve ser analisada de seguida, ou seja, se analisarem o vídeo em que o ocupante fala com ventilação, é aconselhável que o vídeo a analisar imediatamente a seguir seja aquele em que o ocupante 1 fala sem ventilação;
2. Posteriormente, os alunos analisam os 4 vídeos da simulação total;
3. Se necessário, os alunos visualizam as imagens de diferentes perspetivas da sala, no final de cada simulação;

É de extrema importância que os alunos tenham junto de si (ou impressa, ou nos seus dispositivos), a imagem com a identificação dos elementos da sala (presente em **DER6** e **DER7**), para que, ao analisarem os vídeos, consigam identificar, claramente, cada elemento no interior da sala. Para que esta atividade de análise seja conduzida de forma eficiente, o professor pede aos alunos, com antecedência (ex: na aula anterior à análise dos vídeos) que analisem o guião de aprendizagem “método de estudo aula 3” (**DER7**) para que quando os alunos cheguem à aula 3, já tenham uma noção daquilo que terão de fazer nesta atividade. Para reforçar este último ponto, sugere-se ainda que no início da aula o professor refira aos alunos como é que a sequência de análise dos vídeos deve ser feita, referindo também que tipologias de vídeo existem, a existência das imagens, etc.



➤ **Atividade 2**

Na atividade 2 cada grupo responde à ficha prática desenvolvida para esta aula. (**DER12**) A ficha é composta por 5 perguntas sobre os vídeos que os alunos observaram, fazendo-se também uma ligação aos conhecimentos adquiridos nas aulas 1 e 2.

Como foi referido, cada ficha tem uma versão com solução que pode ser consultada no link fornecido no subcapítulo dos objetos digitais de aprendizagem. As 5 perguntas a que os alunos respondem são as seguintes:

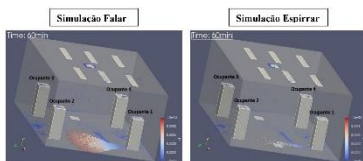
1. “Indica se houve algum ocupante que foi mais afetado que os outros, em cada simulação.”
2. “Explica o porquê das diferenças observadas entre as simulações CFD em que o ocupante 1 falava com e sem ventilação.”
3. “Tendo em conta os elementos que fazem parte da sala 3 (ocupantes e sistema de ventilação), como é que cada um destes elementos influenciou o escoamento das partículas?”
4. “Explica a razão pelo qual as partículas de maior dimensão (laranjas) ficaram mais depositadas na sala, e as partículas de menor dimensão (azuis) foram removidas em maior número”
5. “O risco de infeção para os ocupantes, foi sempre o mesmo para os 3 regimes de respiração? Explica porquê.”

Após a resposta às perguntas, os alunos elaboram ainda um pequeno relatório científico que resume os principais resultados observados nos vídeos das simulações CFD. Esta atividade pode ser realizada como T.P.C. da aula 3 caso o tempo da aula seja insuficiente para o cumprimento da atividade. Com a elaboração deste relatório, os alunos estarão a consolidar os conhecimentos adquiridos nas últimas aulas, e simultaneamente estarão eles próprios a implementar o método científico para resolução de problemas uma vez que estarão a passar pela fase da análise de resultados (observação dos vídeos e imagens das simulações CFD), produção de conclusões (respostas às perguntas das fichas e elaboração do relatório científico), realizando posteriormente o debate/argumentação científica na aula 5 quando expuserem as suas conclusões. A ficha de trabalho a ser distribuída aos alunos/grupos pode ser observada nas imagens abaixo.

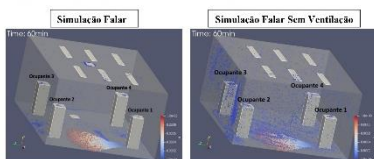
 	Cenário 1: “Ciências Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias”
	Unidade Curricular: _____ Docente: _____ Ficha de Trabalho Nº 3: Caso de Estado Inicial
Nome: _____ Nº: _____ Data: ____/____/____	

1. Tendo em conta o que observaste nas imagens e vídeos relativos aos resultados das simulações CFD da aula 3, e o que aprendeste nas aulas 1 e 2, responde às seguintes perguntas.

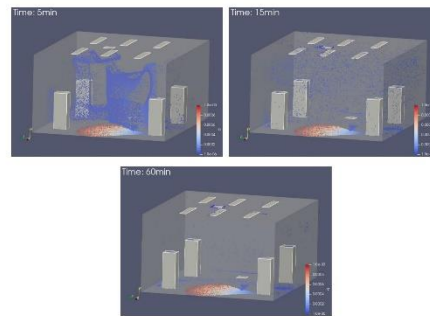
1.1. Observando as imagens abaixo que representam a perspetiva na diagonal das simulações CFD para os regimes de respiração de falar e espirrar, indica se houve algum ocupante que foi mais afetado que os outros, em cada simulação.



1.2. Explica o porquê das diferenças observadas entre as simulações CFD em que o ocupante 1 falava com e sem ventilação. Para te ajudar a responder, podes utilizar as imagens abaixo que representam cada uma das situações.



1.3. Como viste na aula 1, a força de resistência do ar influencia o escoamento das partículas respiratórias. Tendo em conta os elementos que fazem parte da sala 3 (ocupantes e sistema de ventilação), como é que cada um destes elementos influenciou o escoamento das partículas? Para te ajudar a responder estão representadas abaixo 3 imagens da sala ao longo do tempo (aos 5, 15 e 60 minutos), para a simulação de falar.



1.4. Na aula 1 verificaste que havia vários parâmetros que influenciavam o escoamento das partículas respiratórias, como a temperatura, a pressão ou a densidade. Com base neste fator, explica a razão pelo qual as partículas de maior dimensão (laranjas) ficaram mais depositadas na sala, e as partículas de menor dimensão (azuis) foram renovadas em maior número.

1.5. O risco de infeção para os ocupantes, foi sempre o mesmo para os 3 regimes de respiração? Explica porquê.

2. Agora, tendo em conta o que observaste nos vídeos da aula 3 e as respostas que deste às perguntas do ponto 1, elabora um pequeno resumo descrevendo o que observaste nas simulações, destacando os principais aspetos.

Sucintamente, as respostas que os alunos deveriam dar às perguntas da ficha, são as seguintes:

- 1. Resposta pergunta 1.1:** Para auxiliar a resposta desta pergunta, os alunos já têm duas imagens representativas do final das simulações de falar e espirrar. O que deve ser identificado é que nenhum humano foi afetado substancialmente, uma vez que poucas partículas atingiram diretamente os ocupantes 2, 3 e 4, como se observa nas imagens representada na ficha. Adicionalmente, na simulação de falar, falar sem ventilação, espirrar e tossir, pelas imagens de perspectiva da diagonal, e pormenorizada dos ocupantes, podemos concluir que os ocupantes 2,3 e 4 foram afetados de igual forma.
- 2. Resposta pergunta 1.2:** Nesta pergunta os alunos também têm 2 imagens representativas de cada um das situações (final das simulações em que o ocupante 1 fala com e sem ventilação). Comparando as simulações com e sem sistema de ventilação observa-se que existe um maior número de partículas suspensas no ar (e que permanecem na sala) no caso sem ventilação, uma vez que aqui não existe um mecanismo para remover as partículas da sala. Assim, o caso sem ventilação constitui maior risco de infeção para os ocupantes do que o caso sem ventilação.
- 3. Resposta pergunta 1.3:** Para auxiliar a resposta desta pergunta, os alunos têm representados a evolução da simulação de falar ao longo do tempo com 3 imagens da sala (aos 5, 15 e 60 minutos). Têm também uma pequena pista no início da formulação da pergunta em que se refere que na aula 1 se falou que a força de resistência do ar influencia o escoamento das partículas respiratórias. O que se pretende que os alunos concluam é que em todos os regimes de respiração simulados, as partículas respiratórias seguem a direção do escoamento de ar, que forma uma espécie de “L”. As partículas seguem esta direção, devido à sua reduzida dimensão. Por outro lado, o que também se observa, é que as partículas de maior dimensão tendem a depositar-se com maior facilidade, quer seja nos ocupantes ou nas paredes. As geometrias presentes na sala (nestes casos, apenas os ocupantes), funcionam como “barreiras” à normal trajetória das partículas, e como tal, influenciam o escoamento das mesmas.
- 4. Resposta pergunta 1.4:** Novamente nesta pergunta os alunos têm uma pista inicial quando se refere que na aula 1 verificaram que havia vários parâmetros que influenciavam o escoamento das partículas respiratórias. O que se pretende que os alunos respondam é que as partículas de maior dimensão (laranjas) se depositaram em maior número na sala quando comparadas com as de menor dimensão (azul) devido ao facto de serem mais densas (pesadas).
- 5. Resposta pergunta 1.5:** Em relação ao risco de infeção, verificou-se que em todos os regimes de respiração, o risco de infeção foi bastante reduzido já que o contacto direto entre as partículas e os ocupantes foi quase inexistente. Ainda assim, o risco de contágio por via indireta existe sempre (por contacto dos ocupantes com as paredes, por exemplo), e quanto maior for o número de partículas no interior da sala, maior o risco de infeção, logo, de todas as situações analisadas, o caso de falar será aquele que apresenta maior risco de infeção para os ocupantes, uma vez que neste caso foram emitidas um maior número de partículas.

Na elaboração do relatório, os principais aspetos que devem ser referidos pelos alunos, são os seguintes:

1. As partículas tendem a seguir o escoamento do ar criado pelo sistema de ventilação, descrevendo uma trajetória ascendente em “L” na direção do extrator, sendo sucessivamente removidas da sala ao longo do tempo.
2. A infeção dos ocupantes foi praticamente residual para os 3 regimes de respiração, devido à presença do sistema de ventilação.
3. Quanto menor for o número de partículas emitidas, menor é o risco de infeção dos ocupantes.

4. Na situação sem sistema de ventilação, as partículas não foram removidas, e o risco de infecção dos ocupantes aumentou.

Caso seja necessário, à imagem do que se verifica na ficha de trabalho da aula 2, os alunos têm disponível, no final da ficha a secção “Para saber mais...”, uma tabela onde estão identificadas várias palavras-chave com um número da referência bibliográfica correspondente. Por baixo da tabela estão os links de acesso a cada uma das referências mencionadas na tabela. Nestes links, os alunos poderão ter informação que os auxilie na construção mais elaborada do resumo científico. Os recursos de aprendizagem nestes links, são os seguintes:

- https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/930957/444623/Numerical%20and%20experimental%20analysis%20of%20airborne%20particles%20control%20in%20an%20operating%20theater_11311-930957_Romano.pdf (apenas conclusão dos artigos)(**DER28**)
- <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0fe1dae233f76168f0e0448172a28ca2d21cc952> (apenas resumo do artigo) (**DER29**)

Quando os alunos forem realizar o relatório científico, o professor reforça o que já foi trabalhado na apresentação PowerPoint do final da aula 1/início da aula 2 (**DER4**), isto é, o facto de os alunos terem sempre de verificar os seguintes critérios antes de tomar as informações que obtiveram na pesquisa como válidas:

- A fonte e o autor da informação.
- A data em que foi publicado, pois quanto mais antigo um documento, maiores serão os riscos da informação estar desatualizada.
- Adicionalmente, o professor incentiva os alunos a pesquisar informações em bases de dados confiáveis (por exemplo, base de dados da OMS) e artigos científicos, para que essas duas condições sejam garantidas.

Nota Final Importante da Aula 3: Para que o dinamismo da atividade seja criado, e o tempo limite proposta para a aula (40-45 minutos), seja respeitado, **é imperativo** que algumas questões de logística já estejam previamente asseguradas antes de se iniciar a aula, tais como:

- É de extrema importância que seja garantido que antes da aula 3 os alunos já tenham acesso aos vídeos e as imagens de perspetivas pormenorizadas, quer em computador ou nos seus smartphones para que quando cheguem à aula, precisem apenas de abrir estes elementos.
- É importante que os alunos já tenham lido o guião de aprendizagem “método de estudo aula 3” (**DER7**) antes da aula 3, para que já estejam familiarizados com o que irão encontrar na respetiva aula.
- É absolutamente necessário que os alunos tenham acesso à internet para poderem aceder aos links disponibilizados na ficha, quer seja através de computadores ou através dos seus smartphones.
- É importante que antes de iniciar a aula, a mesma já esteja disposta para trabalho em grupo, isto é, antes de se entrar na sala de aula já as mesas devem estar dispostas para trabalho em grupo.
- Se se utilizarem computadores, deve ser feito um levantamento prévio da necessidade de extensões elétricas a utilizar, uma vez que é possível que a sala de aula tenha poucas tomadas elétricas.

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 3:**

- Ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) (**OA1**)
- Repositório de resultados de simulação obtidos com a ferramenta CFD. (imagens, vídeos) (**DER1**)
- (**DER1**)
- Um guião de aprendizagem, para professores, da sequência e explicação de como devem ser analisados os vídeos da aula 3 pelos alunos e como devem preencher a ficha de trabalho. (**DER6**).

- Um guião de aprendizagem, para ser lido pelo alunos, antes e durante a aula 3, com a sequência que deve ser seguida para analisar os vídeos e para preencher a ficha de trabalho. (DER7).
- Um PowerPoint, exclusivo para professores, com a explicação detalhada, passo-a-passo, da configuração dos vídeos, e dos fenómenos observados em cada vídeo. (DER8).
- Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). (DER12)

Aula 4: Analisar simulações CFD de casos de estudo mais complexos

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:

- Utiliza conceitos da física para explicar o processo de disseminação de partículas respiratórias em espaços fechados.
- Consegue encontrar, analisar e interpretar dados científicos, textos e representações gráficas dinâmicas para perceber o impacto das doenças que se propagam pelo ar, na saúde pública.
- Compreende a relevância dos factos científicos para explicar fenómenos relacionados com a saúde e doenças respiratórias, e produz argumentação.
- Utiliza ferramentas computacionais para melhorar o seu conhecimento sobre o processo de propagação de vírus pelo ar.
- Compreende como os sistemas de ventilação podem auxiliar na prevenção/mitigação da disseminação de doenças respiratórias.

➤ **Sumário da Aula 4:**

Análise de simulações CFD de casos de estudo mais complexos: salas com configurações diferentes. Os alunos irão, através da análise de resultados de simulações, sob a forma de vídeos, observar a influência que a variação de diferentes configurações de sala influencia o processo de propagação de partículas respiratórias. De seguida, os alunos realizarão a atividade prática de consolidação de conhecimentos adquiridos durante a aula.

➤ **Organização dos materiais da aula 4**

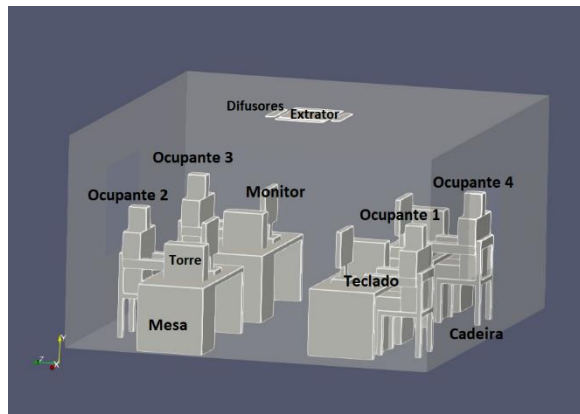
Como foi referido no sumário, esta aula divide-se em 2 partes: uma primeira em que os alunos analisam uma série de resultados de simulações CFD através da observação de vídeos 3D da propagação de partículas respiratórias emitidas quando o ocupante 1 falava, em 3 salas de configurações diferentes (DER1): sala standard, sala com sistema de ventilação totalmente instalado no teto e sala com sistema de ventilação natural. Na segunda fase, os alunos preenchem a ficha de trabalho proposta (DER12) para consolidar as observações dos vídeos. Nesta aula, o foco está na avaliação que a influência de diversas configurações de sala têm na propagação de partículas respiratórias. Para além dos já mencionados vídeos, estão disponíveis para esta aula os seguintes materiais:

- Imagens de diferentes perspetivas da sala no final de cada simulação CFD, para auxiliar os alunos na interpretação dos resultados das respetivas simulações. (DER1)
- Um PowerPoint, exclusivo para professores, com a explicação detalhada, passo-a-passo, da configuração dos vídeos, e dos fenómenos observados em cada vídeo. (DER8).
- Um guião de aprendizagem, para professores, da sequência e explicação de como devem ser analisados os vídeos da aula 4 pelos alunos e como devem preencher a ficha de trabalho. (DER9).
- Um guião de aprendizagem, para alunos, para ser lido antes e durante a aula 4, com a sequência que deve ser seguida para analisar os vídeos e para preencher a ficha de trabalho. (DER10).

Como referido acima, a explicação do que se observa em cada vídeo e da sequência de análise e preenchimento da ficha por parte dos alunos está descrita, detalhadamente em DER8 (documento intitulado “Guião Análise Vídeos Aulas 3 e 4”) e DER9 (documento intitulado “Guião Aula 4 Professor”) respetivamente (recursos disponíveis no subcapítulo os objetos digitais de aprendizagem). De forma sucinta, descreve-se, de seguida, o plano a seguir nesta aula.

➤ Atividade 1

No início da aula os alunos são divididos em grupos de 4/5 alunos e analisam vídeos de simulações CFD da situação em que o ocupante 1 falava, para 3 configurações de sala diferentes: sala standard, sala com ventilação totalmente instalada no teto e sala com ventilação natural. Para cada situação referida, os alunos terão, tal como na aula 3, 2 tipologias de vídeo para analisar: uma em que apenas se vê o 1º minuto da simulação, e uma segunda em que se observa a totalidade da simulação. O tempo de simulação e a escalar de cores também é idêntica às simulações da aula 3. Em primeira instância, pretende-se que os alunos estabeleçam uma relação entre a sala da aula 3 (menos complexa), com a sala standard que é a mesma que a sala da aula 3, só que com mais elementos geométricos e os humanos possuem maior complexidade. Posteriormente, pretende-se que os alunos analisem e observem as diferenças da propagação de partículas respiratórias quando as salas apresentam configurações diferentes, tendo para isso de analisar a situação em que a sala possui um sistema de ventilação totalmente instalado no teto, e com ventilação natural. Nas imagens abaixo ilustradas é possível observar a legenda/identificação de cada sala. A configuração standard está representada na imagem à esquerda, a sala com ventilação no teto, na imagem à direita, e a sala com ventilação natural representada na imagem mais abaixo.



Como se verifica, em comparação com a sala da aula 3, as configurações das salas da aula 4 apresentam mais elementos (cadeiras, mesas, torres, teclados, etc.), e os ocupantes apresentam maior complexidade geométrica. Tal como na aula 3, os alunos terão também à sua disposição um conjunto de imagens de diferentes vistas pormenorizadas, para cada sala, no final da simulação. Os alunos terão ainda acesso às imagens referentes às linhas de correntes de ar de cada uma das salas. A explicação sobre o que são linhas de corrente pode ser encontrada em **DER3**, e a explicação dos fenómenos observados em cada vídeo pode ser encontrada em **DER8**. A sequência a seguir, por parte dos alunos, para analisar os vídeos, é a seguinte:

1. Os alunos analisam os vídeos do 1º minuto da situação em que ocupante 1 falava, para as 3 situações.
2. Posteriormente, os alunos analisam os vídeos da simulação total para as 3 situações.

3. Se necessário, os alunos visualizam as imagens de diferentes perspectivas da sala, no final de cada simulação.



É de extrema importância que os alunos tenham junto de si (ou impressa, ou nos seus dispositivos), a imagem com a identificação dos elementos da sala, para configuração (presente em **DER9** e **DER10**) para que, ao analisarem os vídeos, consigam identificar, claramente, cada elemento no interior da sala. Para que esta atividade de análise seja conduzida de forma eficiente, o professor pede aos alunos, com antecedência (ex: no final da aula 3) que analisem o guião de aprendizagem “método de estudo aula 4” (**DER10**) para que quando os alunos cheguem à aula 4, já tenham uma noção daquilo que terão de fazer nesta atividade. Para reforçar este último ponto, sugere-se ainda que no início da aula o professor refira aos alunos como é que a sequência de análise dos vídeos deve ser feita, referindo também que tipologias de vídeo existem, a existência das imagens, etc.

➤ **Atividade 2**

Na atividade 2 cada grupo responde à ficha prática desenvolvida para esta aula. (**DER12**) A ficha é composta por 3 perguntas sobre os vídeos que os alunos observaram, fazendo-se também uma ligação aos conhecimentos adquiridos nas aulas 1 e 2. A ficha contém também uma versão com solução que pode ser consultada no link fornecido no subcapítulo dos objetos digitais de aprendizagem. As 3 perguntas a que os alunos respondem são as seguintes:

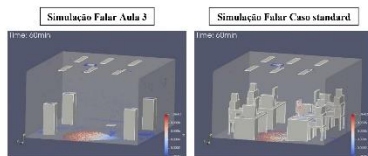
1. Completar o relatório científico sobre as diferenças observadas entre as simulações da aula 3 e do caso standard, através do preenchimento dos espaços em branco com as palavras corretas.
2. Identificar qual a principal diferença entre as 3 configurações de sala e de que forma é que essa alteração influenciou a propagação das partículas.
3. Identificar que fenómeno assinalado a laranja nas imagens desta pergunta, é que se observou no final de todas as simulações, que riscos é que pode incorrer para a saúde pública e como podemos resolver este problema.

Após a resposta às perguntas, os alunos elaboram ainda um pequeno relatório científico que resume os principais resultados observados nos vídeos das simulações CFD. Esta atividade pode ser realizada como T.P.C. da aula 4 caso o tempo da aula seja insuficiente para o cumprimento da atividade. Com a elaboração deste relatório, os alunos estarão a consolidar os conhecimentos adquiridos nas últimas aulas, e simultaneamente estarão eles próprios a implementar o método científico para resolução de problemas uma vez que estarão a passar pela fase da análise de resultados (observação dos vídeos e imagens das simulações CFD), produção de conclusões (respostas às perguntas das fichas e elaboração do relatório científico), realizando posteriormente o debate/argumentação científica na aula 5 quando expuserem as suas conclusões. A ficha de trabalho a ser distribuída aos alunos/grupos pode ser observada nas imagens abaixo.

 	Cenário 1: "Vóticulos Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"
	Unidade Curricular: _____ Docente: _____ Ficha de Trabalho Nº 4: Casos de estudo mais complexos
Nome: _____ Nº: _____ Data: / /	

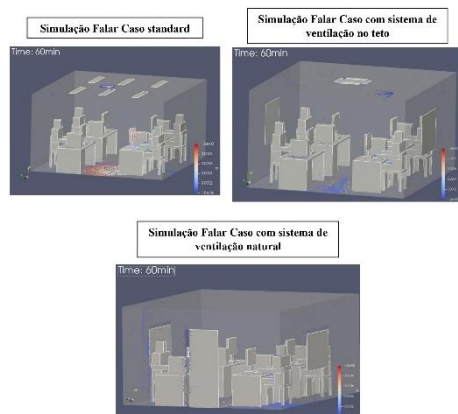
1. Tendo em conta o que observaste nas imagens e vídeos relativos aos resultados das simulações CFD da aula 4, e o que aprendeste nas aulas 1 e 2, responde às seguintes perguntas.

1.1. Completa os espaços em branco, com as opções corretas, no relatório científico abaixo apresentado, que ilustra as diferenças observadas entre as simulações dos casos em que o ocupante 1 falava na aula 3, e na sala standard. (Nota: para te ajudar a responder, tens 1 imagem representativa do final da simulação, para cada um dos casos de estudo.)



Projeto PAFSE: Cenário 1: "Vóticulos Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

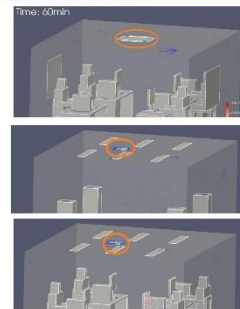
ventilação no teto, e da sala com sistema de ventilação natural (janelas e porta aberta), e explica que influencia é que essa alteração teve no risco de infeção observado em cada sala. (Nota: para te ajudar a responder, tens 1 imagem representativa do final da simulação, para cada um dos casos de estudo.)



Comparando os casos de estudo em que ocupante 1 falava na sala da aula 3 e na sala standard, verificou-se, à partida, que a sala _____ (da aula 3/do caso standard) apresentava _____ (mais/menos) elementos geométricos do que a sala _____ (da aula 3/do caso standard). Os ocupantes da sala (da aula 3/do caso standard) apresentavam _____ (maior/menor) complexidade geométrica que os ocupantes da sala _____ (da aula 3/do caso standard). Em relação à trajetória descrita pelas partículas respiratórias, pode-se concluir que esta foi _____ (idêntica/diferente) para os 2 casos. Tal como no caso da aula 3, verificou-se na aula standard, que as partículas de _____ (maior/menor) dimensão ficaram depositadas na sala, e as partículas de _____ (maior/menor) dimensão foram removidas em maior número. Na sala do caso standard, como existem _____ (mais/menos) elementos geométricos do que no caso da aula 3, verificou-se, no final da simulação, que havia _____ (mais/menos) partículas respiratórias presentes na sala, e como tal, o risco de infeção _____ (direta/indireta), devido ao contacto com os elementos geométricos da sala, é _____ (maior/menor) no caso standard do que no caso da aula 3. O risco de infeção _____ (direto/indireto) por contacto _____ (direto/indireto) das partículas com os ocupantes foi _____ (significativo/residual) em ambos os casos.

1.2. Na aula 1 verificaste que existiam vários parâmetros que podiam influenciar o escoamento das partículas respiratórias, tal como os parâmetros do espaço físico em que se simula o escoamento. Com base nesta ideia, identifica qual foi a principal diferença entre a sala do caso standard, da sala com sistema de

1.3. Nas imagens abaixo ilustradas, está assinalado a laranja um fenómeno que ocorreu em todas as situações com sistema de ventilação mecânica, no final da simulação. Identifica que fenómeno é este, que riscos é que pode ter para a saúde pública, e como podemos resolvê-lo.



2. Agora tendo em conta o que observaste nos vídeos da aula 4 e as respostas que deste no ponto 1, elabora um pequeno resumo científico, destacando os principais aspectos do que analisaste: diferenças entre as salas, riscos de infeção, diferenças entre a sala 3 e a sala standard, etc.

Sucintamente, as respostas que os alunos deveriam dar às perguntas de desenvolvimento da ficha, são as seguintes:

- **Resposta pergunta 1.2:** A grande alteração que se verificou entre as 3 salas foi a utilização de um sistema de ventilação diferente. Na sala standard manteve-se o sistema de ventilação da aula 3 (difusores no chão e extrator no teto), na sala com sistema de ventilação no teto, todo o equipamento (difusores + extrator) estava instalado no teto, e na sala com sistema de ventilação natural, existia uma corrente de ar na direção das aberturas das janelas para a abertura da porta. Em relação às diferenças verificadas para cada sala, em termos de trajetória percorrida pelas partículas, verificou-se que no caso standard, as partículas tendem a seguir o escoamento do ar criado pelo sistema de ventilação, descrevendo uma trajetória ascendente em "L" na direção do extrator, sendo sucessivamente removidas da sala ao longo do tempo, tal como se sucedia no caso da aula 3. No caso em que o sistema de ventilação estava totalmente instalado no teto, verificou-se que as partículas ficaram mais dispersas no interior da sala. Como consequência, ficaram mais partículas na sala, e por isso, o risco de contágio por via indireta neste caso é superior ao caso standard. No

caso da sala com sistema de ventilação natural, a corrente de ar gerada foi no sentido das janelas para a porta. Como a abertura da porta é pequena, houve menos partículas a serem removidas da sala, quando comparado com as situações anteriores (com sistema de ventilação mecânico). Como tal, ficaram mais partículas na sala, e por isso, o risco de contágio por via indireta, neste caso, é superior aos 2 casos anteriores.

- **Resposta pergunta 1.3:** Nesta pergunta deve ser referido que em todas as situações analisadas em salas com sistema de ventilação mecânico verificou-se, no final da simulação, uma acumulação de partículas na região do extrator. Este fenómeno pode constituir um potencial de risco de infeção para os ocupantes da sala, uma vez que as partículas aí acumuladas podem retornar. Como tal, é necessário realizar uma manutenção periódica destes equipamentos, mantendo-os sempre higienizados.

Na elaboração do relatório, os principais aspetos que devem ser referidos pelos alunos, são os seguintes:

1. A grande diferença observada entre o caso da aula 3 e o caso standard, está relacionada com o facto de no caso standard existirem mais elementos geométricos na sala, e como tal, existem mais “barreiras” ao normal escoamento das partículas, sendo o risco de infeção por via indireta superior.
2. As partículas tanto no caso standard, como no caso com ventilação totalmente instalada no teto, tendem a seguir o escoamento do ar criado pelo sistema de ventilação, descrevendo uma trajetória ascendente em “L” na direção do extrator, sendo sucessivamente removidas da sala ao longo do tempo.
3. No sistema de ventilação natural, as partículas seguem a corrente de ar gerada na direção da abertura das janelas para a abertura da porta, em que as partículas também vão sendo removidas ao longo do tempo.
4. A infeção dos ocupantes, por via direta, foi praticamente residual para as 3 configurações de sala, devido à presença do sistema de ventilação (quer mecânico, quer natural).
5. No caso com sistema de ventilação totalmente instalado no teto, verificou-se que as partículas ficaram mais dispersas na sala, e como tal o risco de infeção por via indireta foi maior neste caso, quando comparado com o caso standard.
6. No caso com sistema de ventilação natural, como a abertura da porta é pequena, e a velocidade do ar a entrar na janela é inferior à velocidade do ar imposta pelo sistema de ventilação mecânico nos casos standard e ventilação total no teto, existem menos partículas a serem removidas da sala, e como tal, neste caso, o risco de infeção por via indireta foi maior neste caso, quando comparado com os 2 casos anteriores.
7. Ao longo do tempo, verificou-se uma acumulação de partículas na região do extrator, o que pode incorrer num risco para a saúde pública. Para resolvermos o problema, é necessário proceder sempre a manutenção periódica destes equipamentos, mantendo-os higienizados.

Caso seja necessário, à imagem do que se verifica na ficha de trabalho da aula 2, os alunos têm disponível, no final da ficha a secção “Para saber mais...”, uma tabela onde estão identificadas várias palavras-chave com um número da referência bibliográfica correspondente. Por baixo da tabela estão os links de acesso a cada uma das referências mencionadas na tabela. Nestes links, os alunos poderão ter informação que os auxilie na construção mais elaborada do resumo científico. Os recursos de aprendizagem nestes links, são os seguintes:

- https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/930957/444623/Numerical%20and%20experimental%20analysis%20of%20airborne%20particles%20control%20in%20an%20operating%20theater_11311-930957_Romano.pdf (apenas conclusão dos artigos)(**DER28**)
- <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0fe1dae233f76168f0e0448172a28ca2d21cc952> (apenas resumo do artigo) (**DER29**)

Quando os alunos forem realizar o relatório científico, o professor reforça o que já foi trabalhado na apresentação PowerPoint do final da aula 1/início da aula 2 (**DER4**), isto é, o facto de os alunos terem sempre de verificar os seguintes critérios antes de tomar as informações que obtiveram na pesquisa como válidas:

- A fonte e o autor da informação.
- A data em que foi publicado, pois quanto mais antigo um documento, maiores serão os riscos da informação estar desatualizada.
- Adicionalmente, o professor incentiva os alunos a pesquisar informações em bases de dados confiáveis (por exemplo, base de dados da OMS) e artigos científicos, para que essas duas condições sejam garantidas.

Nota Final Importante da Aula 4: Para que o dinamismo da atividade seja criado, e o tempo limite proposta para a aula (40-45 minutos), seja respeitado, **é imperativo** que algumas questões de logística já estejam previamente asseguradas antes de se iniciar a aula, tais como:

- É de extrema importância que seja garantido que antes da aula 4 os alunos já tenham acesso aos vídeos e as imagens de perspetivas pormenorizadas, quer em computador ou nos seus smartphones para que quando cheguem à aula, precisem apenas de abrir estes elementos.
- É importante que os alunos já tenham lido o guião de aprendizagem “método de estudo aula 4” (**DER10**) antes da aula 4, para que já estejam familiarizados com o que irão encontrar na respetiva aula.
- É absolutamente necessário que os alunos tenham acesso à internet para poderem aceder aos links disponibilizados na ficha, quer seja através de computadores ou através dos seus smartphones.
- É importante que antes de iniciar a aula, a mesma já esteja disposta para trabalho em grupo, isto é, antes de se entrar na sala de aula já as mesas devem estar dispostas para trabalho em grupo.
- Se se utilizarem computadores, deve ser feito um levantamento prévio da necessidade de extensões elétricas a utilizar, uma vez que é possível que a sala de aula tenha poucas tomadas elétricas

➤ **Atividade Complementar**

Com o objetivo de reforçar o conhecimento dos alunos, como atividade complementar a desenvolver fora da aula, é proposto que os alunos analisem também as simulações dos regimes de respiração de espirrar e tossir para os casos standard, com sistema de ventilação totalmente instalado no teto, e com sistema de ventilação natural. A análise destas simulações poderá ajudar a compor o relatório científico.

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 4:**

- Ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) (**OA1**)
- Repositório de resultados de simulação obtidos com a ferramenta CFD. (imagens, vídeos) (**DER1**)
- Um PowerPoint, exclusivo para professores, com a explicação detalhada, passo-a-passo, da configuração dos vídeos, e dos fenómenos observados em cada vídeo. (**DER8**).
- Um guião de aprendizagem, para professores, da sequência e explicação de como devem ser analisados os vídeos da aula 4 pelos alunos e como devem preencher a ficha de trabalho. (**DER9**).
- Um guião de aprendizagem, para ser lido pelo alunos, antes e durante a aula 4, com a sequência que deve ser seguida para analisar os vídeos e para preencher a ficha de trabalho. (**DER10**).
- Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). (**DER12**)

Aula 5: Apresentação e debate dos resultados obtidos na análise das simulações

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:

- Usa factos para construir argumentos sobre a transmissão de vírus por via aérea.
- Avalia e comunica dados e informação de base científica sobre doenças transmitidas pelo ar.
- Consegue compreender a relevância dos factos científicos para explicar fenómenos relacionados com a saúde pública e doenças que se propagam pelo ar, e produz argumentação.

➤ **Sumária da Aula 5:**

Apresentação da resolução das fichas de trabalho das aulas 2, 3 e 4, inclusive os relatórios científicos elaborados nas aulas 3 e 4. Organização de um debate onde os alunos, com base nas evidências que verificaram na análise das simulações, e no que estudaram na aula 1, devem propor medidas para combater a disseminação de doenças que se propagam pelo ar.

➤ **Atividade 1**

No início desta aula, cada grupo apresenta as suas respostas às fichas das aulas 2, 3 e 4. É estabelecido um tempo limite por grupo, e é obrigatório que cada elemento de cada grupo se pronuncie pelo menos uma vez. Enquanto um grupo está a apresentar, o professor refere aos restantes grupos que anote as principais diferenças entre as respostas que deram e as que o grupo que está a apresentar, produziu. Este contraste de ideias será um ponto de partida para o debate que será realizado subsequentemente.

➤ **Atividade 2**

Nesta atividade é gerado um debate na turma, em que em primeira instância, são discutidos os diferentes pontos de vista entre os alunos, relativamente às respostas das fichas, e num segundo momento, é pretendido que os alunos debatam e produzam conclusões sobre os principais fatores de risco associados à propagação de doenças por via aérea, e que medidas, gerais e individuais, os alunos aplicariam para mitigar a propagação de tais doenças. Para abordar o primeiro tema do debate, o professor pode lançar à turma uma série de perguntas, ao qual os alunos terão de responder, argumentando com as respostas que deram às fichas, na produção dos relatórios científicos das aulas 3 e 4, e no que aprenderam na aula 1. Tais perguntas podem ser:

- “Como é que as partículas se mantêm suspensas no ar?”
- “Que fatores é que influenciam a propagação das partículas?”
- “Em que situação, aula 3 ou 4, os ocupantes ficaram mais expostos às partículas? E porquê?”
- “Qual é a configuração da sala da aula 4 que acham que pode ajudar a reduzir o risco de infeção por doenças que se propagam pelo ar? Porquê?”
- “O risco de infeção para uma pessoa que fala, espirra, ou tosse, é sempre o mesmo?”

Estas e mais perguntas, relacionadas com o que os alunos responderam nas fichas, podem ser levantadas pelo professor por forma a que os alunos debatam sobre o que observaram nos vídeos e o que aprenderam na aula 1.

Na 2ª parte do debate, o professor elenca novamente uma série de perguntas, ao qual os alunos respondem com base nas fichas, nos relatórios científicos e no que aprenderam na aula 1. Para abordar este tema do debate, as perguntas podem ser:

- “Qual é que acham que foi o principal fator que permitiu que as partículas fossem removidas em maior número da sala, na situação standard quando comparada com a situação com ventilação natural?”
- “Que doenças que se propagam pelo ar é que conhecem?”
- “Que medidas individuais é que sugerem para mitigar o risco de infeção por doenças que se propagam pelo ar? E a nível da comunidade escolar?”

- “Acham que é importante fazer ações de consciencialização na comunidade sobre este tema? E porquê?”

Estas e mais perguntas, relacionadas com o que os alunos responderam nas fichas, podem ser levantadas pelo professor por forma a que os alunos debatam sobre o que observaram nos vídeos e o que aprenderam na aula 1. Para que o debate seja conduzido de forma eficaz, o professor deve discutir as regras do mesmo e garantir o seu cumprimento, sendo estas regras as seguintes:

▪ **O foco principal do debate:**

O foco principal do debate é usar argumentação científica para discutir os diferentes pontos de vista sobre aquilo que os grupos responderam nas fichas, e sobre que medidas gerais é que os alunos selecionariam para aplicar, quer na comunidade, quer a nível individual para mitigar o risco a propagação de doenças por via aérea.

▪ **A estrutura do debate:**

Para realizar o debate o professor divide os alunos em grupos (4-5 alunos) e a cada grupo é dado um tempo para comunicar um conjunto de propostas sobre “Como podemos mitigar o risco de transmissão do vírus por via aérea através da influência do comportamento individual?”. Os outros grupos devem preparar contra-argumentos às propostas apresentados pelos colegas.

▪ **As regras do debate:**



Cada membro de cada grupo deve falar pelo menos uma vez, e a ordem e o conteúdo da intervenção é previamente discutida pelos membros do grupo. Após cada grupo apresentar as suas medidas, os outros grupos apresentam os seus contra-argumentos. Em seguida, é dado um tempo ao grupo que acabou de apresentar para rebater esses contra-argumentos. A apresentação dos contra-argumentos às propostas apresentados pelos colegas deve ser feita por apenas 1 elemento de cada grupo, indicado pelas equipas. Caso os outros grupos concordem com os argumentos do grupo que acabou de apresentar, devem apresentar pelo menos uma sugestão ou recomendação, às medidas que foram referidas pelo grupo que acabou de apresentar.

▪ **Avaliação do debate:**

A avaliação do debate fica a critério do professor, mas obrigatoriamente deve envolver os seguintes critérios:

- O grupo que apresentou as melhores propostas.
- O grupo que melhor defendeu o seu ponto de vista.
- O grupo que melhor refutou os argumentos dos outros grupos.

Para facilitar o raciocínio e a organização das ideias dos alunos, ser-lhes-á disponibilizado pelo professor uma ficha de trabalho (**DER12**), onde devem indicar, os principais fatores de risco que identificaram, assim como as medidas gerais a aplicar para mitigar a propagação do vírus por via aérea. Um exemplo da ficha de trabalho a ser distribuída aos alunos/grupos pode ser observada nas imagens abaixo.

 	Cenário 1: "Gotículas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"
	Unidade Curricular: _____ Docente: _____ Ficha de Trabalho N.º 6: Fatores de Risco Associados a Doenças Respiratórias
Nome: _____ Nº: _____ Data: ____/____/____	

Quadro 2: Argumentos que Justificam as Opções Tomadas

Argumentos que Justificam as Opções Tomadas

1. Tendo em conta a pesquisa que realizaste, e as simulações que analisaste ao longo das últimas aulas, no Quadro 1, descreve os principais fatores de risco associados a doenças que se propagam por via aérea, como a Covid-19. No mesmo quadro, refere algumas medidas que consideres importantes a aplicar, quer a nível individual, quer ao nível da tua comunidade escolar, para melhorar a saúde pública no que diz respeito à mitigação do risco de propagação de doenças respiratórias. No Quadro 2, deves apresentar os argumentos que justifiquem as respostas que colocares no Quadro 1.

Quadro 1: Fatores de Risco Associados a Doenças Respiratórias e Medidas de Prevenção a Aplicar

Principais Fatores de Risco	Medidas Gerais a Aplicar

Projeto PAFSE: Cenário 1: "Gotículas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias" 1

Projeto PAFSE: Cenário 1: "Gotículas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias" 2

Caso seja necessário, à imagem do que se verifica na ficha de trabalho da aula 2, os alunos têm disponível, no final da ficha a secção "Para saber mais...", uma tabela onde estão identificadas várias palavras-chave com um número da referência bibliográfica correspondente. Por baixo da tabela estão os links de acesso a cada uma das referências mencionadas na tabela. Nestes links, os alunos poderão ter informação que os auxilie no preenchimento mais elaborado dos quadros da ficha desta aula. Os recursos de aprendizagem nestes links, são os seguintes:

- <https://www.healthline.com/health/airborne-diseases> (DER24)
- <https://www.medicoverhospitals.in/articles/air-borne-diseases> (DER25)
- <https://www.daikinapplied.uk/news-center/preventing-the-spread-of-coronavirus-with-ventilation-systems/> (DER26)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (DER30)
- <https://www.initial.com/pt/todos-os-setores/higiene-em-centros-comercias> (DER31)

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 5:**

- Repositório de resultados de simulação obtidos com a ferramenta CFD. (imagens, vídeos) (DER1)
- Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). (DER12)
- <https://www.healthline.com/health/airborne-diseases> (DER24)
- <https://www.medicoverhospitals.in/articles/air-borne-diseases> (DER25)
- <https://www.daikinapplied.uk/news-center/preventing-the-spread-of-coronavirus-with-ventilation-systems/> (DER26)
- <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0063475> (DER30)
- <https://www.initial.com/pt/todos-os-setores/higiene-em-centros-comercias> (DER31)

Aula 6: Conclusão da aula 5 e discussão sobre o projeto de investigação escolar

Os principais objetivos a atingir nesta aula, da perspetiva do aluno, são:

- Identifica os fatores gerais que influenciam a disseminação de partículas respiratórias.
- Identifica fatores de risco em diversos ambientes.
- Identifica medidas e propõe ações gerais para combater doenças que se transmitem pelo ar.

➤ **Resumo da Aula 6:**

Na aula 6, os alunos, concluem o debate sobre as medidas gerais a aplicar para mitigar a propagação de doenças por via aérea. É discutido o tema do projeto de investigação escolar.

➤ **Atividade 1**


Por questões de tempo, a aula 5 poderá não ser concluída no tempo previsto para aula, pelo que a atividade 1 da aula 6 será apenas a conclusão da aula 5.

➤ **Atividade 2**

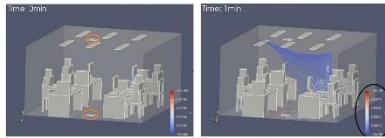
Na segunda atividade da aula 6 a professora utiliza o **DER11**, com o nome “Projeto Escolar, como fazer um póster” apresentar o projeto de investigação escolar à turma. Cada grupo é desafiado a construir um póster (**DER6**) que contenha imagens, texto, infográficos, representações gráficas, com as conclusões extraídas da análise dos casos de estudo. Os alunos são incentivados a rever os artigos científicos que consultaram no processo de investigação, para explicar os resultados das simulações e, com base nessas informações, elaborar as suas propostas. O melhor formato para a apresentação dos resultados do projeto é discutido e as anotações feitas pelos grupos ao longo da implementação do cenário (medidas, justificações, preenchimento das fichas, relatório científicos, entre outros) são consultadas durante a realização do projeto. Este trabalho desenvolvido pelos alunos será posteriormente apresentado no evento escola aberta, assim como no evento organizado pelo ISEL para efeitos de apresentação do projeto PAFSE à sua comunidade académica. O **DER11** é um PowerPoint que contém alguns exemplos de pósters bem conseguidos, assim como as principais diretrizes a seguir para criar um bom póster. Este documento contém ainda uma explicação dos objetivos gerais do projeto de investigação escolar, assim como um tutorial que os alunos podem seguir para configurar um diapositivo PowerPoint nas dimensões para as quais o póster terá de ser criado.

➤ **Atividade complementar**

Para concluir a implementação do projeto, o professor tem ainda à sua disposição uma ficha de avaliação sumativa (**DER13**) que resume/consolida os conhecimentos adquiridos ao longo do cenário 1. O professor poderá utilizar este documento como elemento de avaliação do projeto se assim o entender. Esta ficha, tal como todas as fichas de trabalho (**DER12**), contém uma resolução. Reforça-se que ambos os elementos estão disponíveis no link referido no subcapítulo dos objetos de aprendizagem. Um exemplo da ficha de trabalho a ser distribuída aos alunos/grupos pode ser observada nas imagens abaixo.

	Cenário 1: "Góticas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"
	Unidade Curricular: _____ Docente: _____ Ficha de Avaliação Sumativa
Nome: _____ Nº: _____ Data: ____/____/____ Classificação: _____	

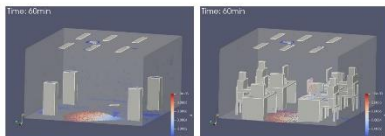
1. Tendo em conta os vídeos que analisaste ao longo da implementação do cenário, identifica no espaço em branco os elementos que estão circundados a laranja e a preto nas imagens abaixo representadas.



Projeto PAFSE: Cenário 1: "Góticas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

1

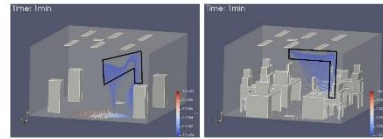
4. Explica como é que a presença de mais objetos na sala da aula 4 pode influenciar a trajetória das partículas respiratórias. Para te ajudar na resposta, podes fazer uma comparação entre as imagens que observas abaixo, representativas da sala da aula 4 (imagem da esquerda) e da sala da aula 3 (imagem da direita).



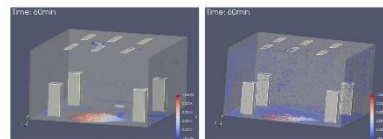
Projeto PAFSE: Cenário 1: "Góticas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

3

2. Durante a implementação do cenário, observaste que nas simulações das aulas 3 e 4 as partículas inicialmente descreviam um "L" conforme está identificado nas imagens abaixo representadas. Explica porque é que as partículas seguiram essa trajetória.



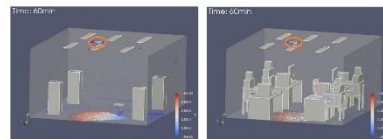
3. Utilizando as imagens abaixo representadas (imagem da esquerda tem ventilação, imagem da direita não tem), explica as vantagens ao nível da saúde pública, de ter instalado um sistema de ventilação numa sala.



Projeto PAFSE: Cenário 1: "Góticas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

2

5. As imagens abaixo, representativas das simulações de falar das aulas 3 e 4 têm assinaladas a laranja um fenómeno que foi discutido no cenário. Explica que risco é que está associado à situação assinalada a laranja em cada imagem, e como podemos resolver este problema.



6. Identifica 2 fatores de risco que potenciam a propagação de doenças por via aérea e 2 medidas que podem ser aplicadas, individualmente ou na comunidade, para reduzir a transmissão de vírus por via aérea.



Projeto PAFSE: Cenário 1: "Góticas Respiratórias e a Física da Transmissão de Doenças Respiratórias"

4

➤ **Objetos de aprendizagem a utilizar na aula 6:**

- Apresentação PowerPoint sobre como construir um póster. **(DER11)**
- Fichas de trabalho (incluindo uma versão com resolução para cada ficha). **(DER12)**
- Ficha de avaliação sumativa sugestiva. **(DER13)**

Recursos complementares de aprendizagem e atividades educacionais

Convidar organizações STEM.

Partilhar os resultados das simulações com outras escolas numa plataforma de repositório (Visível, mas não editável).

Refletir sobre as análises das simulações efetuadas por outras escolas.

Melhorar as simulações já existentes e explore novas simulações.

Interagir com profissionais.

Divulgar o conhecimento adquirido junto das associações de pais e organizações civis.

Projeto de Investigação Escolar

Tópicos

- Compreende o processo de Transmissão de Doenças Respiratórias.
- Consegue enumerar Doenças Respiratórias
- Consegue interpretar resultados de uma de Ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD).
- Entende como um sistema de ventilação pode auxiliar na mitigação da disseminação de doenças transmitidas pelo ar.
- Melhora a perceção sobre problemas relacionados com Saúde pública.
- Pesquisa, analisa e comunica informação científica.
- Desenvolve Cidadania responsável.

Gestão, projeto e administração da pesquisa

Desafio: explorar o simulador, construir as próprias simulações e reportar os resultados das mesmas.

Processo de desenvolvimento (resumo):

Com base no conhecimento adquirido nas aulas 1-6, os alunos irão ao laboratório do departamento de engenharia mecânica do ISEL e irão interagir com a ferramenta computacional. Eles poderão construir os espaços a simular, alterar as condições ambientais, observar as diferenças entre cada ambiente, e descrever os resultados das simulações através de um pequeno relatório. De seguida, o professor propõe sucessivos debates sobre os relatórios elaborados sob a forma de “seminários de investigação” a decorrer na escola ou no clube de ciências. Alunos, pais, comunidade escolar e interessados locais participam no evento ficando a perceber como a rápida disseminação de doenças transmitidas pelo ar, como a COVID-19, ou outras doenças respiratórias agudas, como a gripe, é influenciada pelo comportamento individual e por fatores ambientais. Os intervenientes também obtêm conhecimento em relação a estratégias a implementar para minimizar os fenómenos acima referidos, e a forma como estas medidas podem influenciar a propagação de doenças por via aérea em diversos ambientes (por exemplo, casa, escola, local de trabalho, espaço público). Os alunos irão visitar as instalações de uma corporação de Bombeiros permitindo-lhes ver o equipamento de proteção individual de saúde e de segurança dos profissionais de socorro e primeira intervenção, os equipamentos e instrumentos existentes nas viaturas de socorro e de transporte de doentes e compreender o funcionamento do sistema integrado de emergência médica e saber quais os procedimentos de avaliação e monitorização de vítimas.

Objetivos do processo de ensino-aprendizagem:

Os alunos serão capazes de:

1. Desenvolver o raciocínio crítico (por exemplo, analisar, organizar, debater e partilhar informações sobre os resultados das simulações).
2. Desenvolver competências digitais (por exemplo, encontrar, rever e usar diferentes recursos online para desenvolver as atividades do cenário).
3. Entender como é que uma ferramenta de Mecânica de Fluidos Computacional (CFD) é operada e a sua relevância para lidar com ameaças à saúde pública.
4. Utilizar conceitos da física para explicar o processo da disseminação de gotículas respiratórias em espaços fechados.
5. Compreender vários fatores que influenciam a disseminação das gotículas respiratórias.

6. Entender como um sistema de ventilação pode auxiliar na mitigação da propagação de doenças transmitidas pelo ar.
7. Desenvolver a capacidade de construir diferentes tipos de argumentos e contra-argumentos para tomar decisões acerca de questões sociocientíficas.
8. Desenvolver a capacidade de debater questões sociocientíficas.
9. Influenciar as percepções e o conhecimento da comunidade sobre a transmissão de vírus por via aérea.
10. Desenvolver cidadania responsável e a literacia em saúde.

Processo de ensino-aprendizagem relativamente ao projeto de investigação escolar (resumo):

1. Recolha de factos (dados, artigos, fotos)
2. Avaliação dos factos com base em critérios e seleção de informações relevantes e credíveis e não tendenciosas.
3. Avaliação de resultados de simulações CFD.
4. Relatórios de design referentes aos resultados da simulação CFD.
5. Elaboração de critérios para avaliação de argumentos.
6. Elaboração de um calendário de tarefas para o evento escola aberta.
7. Criação de um póster/apresentação PowerPoint relacionada com as medidas a tomar para prevenir/mitigar a disseminação de doenças respiratórias agudas para apresentação no evento escola aberta.

Organização do evento escola aberta:

1. Cada resultado do projeto (simulações e relatório) é apresentado pelos alunos num ambiente comunitário (por exemplo, centro de exposições, município, jardim, museu, feira de ciências).
2. Os alunos comunicarão as medidas selecionadas utilizando argumentação baseada em STEM. Os alunos apelam à ação de todos para melhorar a saúde da comunidade, proporcionando uma compreensão alargada de que prevenir a propagação de uma doença é uma responsabilidade de todos, não só do ministério da saúde ou dos prestadores de cuidados de saúde.
3. Os intervenientes também obtêm conhecimento em relação a estratégias a implementar para minimizar os fenómenos acima referidos, e a forma como estas medidas podem influenciar a propagação de doenças por via aérea em diversos ambientes (por exemplo, casa, escola, local de trabalho, espaço público).

Público-alvo para recomendações

Outras escolas que usam a plataforma de repositório.

ONGs sociais.

Decisores Políticos.

Público geral.

Comunicação Social.

Famílias.

Amigos.

Futuros alunos.

Debate Público e Recomendações(com base nos resultados da pesquisa)

Apresentação do relatório das simulações pelos alunos num ambiente comunitário, e divulgação de recomendações de factos via comunicação social, comunitária e convencional.

Interação entre escolas informando a escola como o seu relatório (na plataforma do repositório) melhorou o projeto e o estudo da outra escola.

Networking entre escolas com ambiente semelhante.

Discussão e feedback.

Produzir um relatório revisto e melhorado com base nos relatórios produzidos pelas outras escolas.

Fazer recomendações para espaços públicos.

Divulgação do relatório final e recomendações no site da escola e informar os principais intervenientes na comunidade local (empresas de transportes públicos, centros comerciais, hospitais, entre outros.).

Principal parceiro responsável: ISEL