

Integração da Tecnologia e Modelação na Aprendizagem por Casos: Uma Investigação-Ação no Ensino da Respiração Celular no 10.º ano

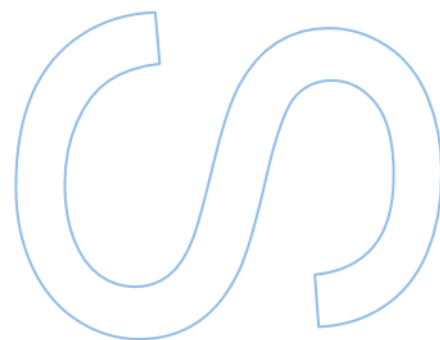
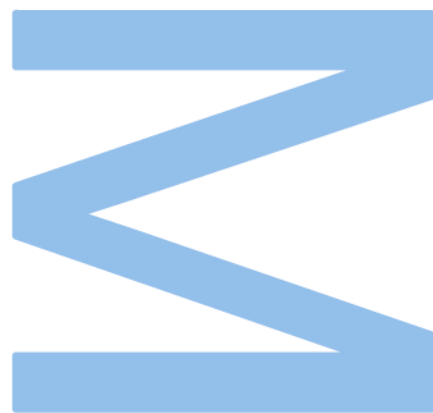
Gonçalo Miranda Serra

Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo
do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2025



Integração da Tecnologia e Modelação na Aprendizagem por Casos: Uma Investigação-Ação no Ensino da Respiração Celular no 10.º ano

Gonçalo Miranda Serra

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em
Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo do Ensino
Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
2025

Orientador

Tiago Ribeiro, Professor Auxiliar Convidado, Unidade de Ensino
das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



Agradecimentos

Ao professor Doutor Tiago Ribeiro, meu orientador, por toda a orientação, conselhos, críticas construtivas e disponibilidade constante. A sua exigência e apoio foram fundamentais para o meu crescimento como professor, investigador e pessoa.

À professora cooperante, pelo acolhimento caloroso, pela generosidade com que partilhou a sua experiência e pela orientação que me ofereceu no contexto escolar. A sua colaboração foi essencial para que esta experiência tivesse o significado que teve.

Aos meus alunos que, sendo os primeiros de muitos, marcaram este ano com momentos e experiências que vou levar para toda a minha futura carreira. Obrigado por me ensinarem e desafiarem a ser um professor melhor e, a cada aula, me lembrarem porque escolhi este caminho.

A todos os meus amigos, em especial aos caloiros do BK, à Sofia e ao João, por todo o apoio, incentivo e, mais importante de tudo, por manterem a minha sanidade mental nos momentos mais difíceis. Não tenho palavras para descrever o quão imperativos foram para toda esta caminhada.

À Beatriz, minha colega de estágio e amiga, com quem tive a sorte de partilhar este ano. Obrigado por todas as opiniões, críticas, elogios e, acima de tudo, pela tua amizade durante estes 3 anos. Todos os bons momentos, momentos difíceis e desafiadores e superações não teriam sido iguais se fosse com qualquer outra pessoa. Obrigado.

À minha família, de sangue e emprestada, por toda confiança e apoio constante durante este ano e toda a minha caminhada escolar. Obrigado por sempre acreditarem em mim, me puxarem para cima nos piores momentos e pelo amor incondicional que sempre demonstraram. Tudo o que conquistei e conquistarei não seria possível sem a vossa força. Obrigado.

Resumo

A respiração celular é um dos temas mais desafiantes no ensino da Biologia, devido à sua natureza abstrata, microscópica e, conseqüentemente, complexa. Este estudo apresenta uma intervenção pedagógica desenvolvida no âmbito de uma investigação-ação, com 23 alunos do 10.º ano de escolaridade ($n=23$), que visou avaliar o impacto da integração de tecnologias digitais e estratégias de modelação, em articulação com a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC), na compreensão da respiração celular. A intervenção, centrada num caso de natureza forense, incluiu o uso de realidade virtual com Google *Cardboard*, modelos tridimensionais desenvolvidos em Blender e simulações da plataforma *Labster*. A recolha de dados envolveu um estudo quasi-experimental (com pré e pós-teste) e entrevistas semiestruturadas, enquadradas numa investigação-ação. Os resultados demonstraram uma melhoria significativa no desempenho dos alunos, com um aumento médio de 22,4 pontos entre o pré e o pós-teste, revelando significância estatística segundo o teste de Wilcoxon ($Z = -2,237$; $p = 0,025$). As entrevistas revelaram elevado envolvimento, motivação e valorização dos recursos utilizados, com destaque para a realidade virtual e os modelos como facilitadores da construção de modelos mentais e da compreensão conceptual. Conclui-se que a articulação entre estratégias ativas, modelação e tecnologia digital pode potenciar aprendizagens significativas e contribuir para o desenvolvimento da literacia científica e digital dos alunos. Os resultados obtidos reforçam a relevância de continuar a investigar sobre intervenções pedagógicas que integrem tecnologia, modelação e metodologias ativas. Sugere-se, para investigações futuras, a aplicação de intervenções semelhantes a amostras mais diversificadas e de maior dimensão e com um período de implementação mais prolongado, que possibilite a realização de novos ciclos de investigação-ação, sustentados em reformulações decorrentes da reflexão sobre os resultados obtidos.

Palavras-chave: EOAC, Modelação, Respiração Aeróbia, Tecnologias digitais.

Abstract

Cellular respiration is one of the most challenging topics in biology education due to its abstract, microscopic, and inherently complex nature. This study presents a pedagogical intervention developed within an action-research framework, involving 23 10th-grade students ($n=23$), aimed at evaluating the impact of integrating digital technologies and modeling strategies in conjunction with Case-Based Learning (CBL) on students' understanding of cellular respiration. The intervention, centered around a forensic case, included the use of virtual reality through Google Cardboard, three-dimensional models created in Blender, and simulations from the Labster platform. Data collection involved a quasi-experimental study (with pre- and post-tests) and semi-structured interviews, framed within action research. The results showed a significant improvement in student performance, with an average increase of 22.4 percentage points from pre- to post-test, which was statistically significant according to the Wilcoxon signed-rank test ($Z = -2.237$; $p = 0.025$). The interviews revealed high levels of engagement, motivation, and appreciation for the resources used, especially virtual reality and modeling tools, which were perceived as facilitators in the construction of mental models and conceptual understanding. It is concluded that the integration of active strategies, modeling, and digital technologies can foster meaningful learning and contribute to the development of students' scientific and digital literacy. The findings reinforce the importance of continuing to explore teaching approaches that combine technology, modeling, and active methodologies. Future research is encouraged to apply similar interventions with larger and more diverse samples, over extended implementation periods that allow for successive cycles of action research based on reflection and iterative improvement.

Keywords: Aerobic Respiration, CBL, Digital technologies, Modeling.

Índice

Agradecimentos	ii
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Abreviaturas	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e justificação da investigação	1
1.2. Questões e objetivos da investigação	3
2. Enquadramento educacional	5
2.1. Enquadramento curricular	5
2.2. O ensino da respiração aeróbia.....	6
3. Metodologia de ensino.....	7
3.1. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos	7
3.2. Estratégias de ensino	8
4. Metodologia de investigação.....	11
4.1. Investigação-Ação.....	11
4.2. Caracterização da amostra.....	12
4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	13
4.3.1. Testagem.....	14
4.3.2. Inquérito por entrevista	16
4.3.3. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados.....	17
4.4. Técnicas de análise e tratamento de dados	18
4.5. Questões de ética	20
5. Intervenção Pedagógica	21
5.1. Planificação	21
5.2. Caracterização das aulas	22
6. Resultados e discussão	27
6.1. Teste Cognitivo	27

6.2. Entrevista	31
7. Conclusões	35
7.1. Considerações finais	35
7.2. Limitações e perspetivas futuras	35
7.3. Contributos para o desenvolvimento profissional.....	36
Referências bibliográficas	38
Apêndice 1 – Planificação das aulas.....	44
Apêndice 2 – Apresentação Aula 1	46
Apêndice 3 – Apresentação Aula 2	49
Apêndice 4 – Apresentação Aula 3	50
Apêndice 5 – Guião de exploração da simulação <i>Labster</i>	54
Apêndice 6 – Legenda do modelo.....	55
Apêndice 7 – Folhetos de segurança dos químicos	56
Apêndice 8 – Pré/Pós teste.....	58
Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética da Universidade do Porto	63

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais deste projeto.	4
Tabela 2 – Aprendizagens essenciais e transversais para o 10.º ano de escolaridade (adaptado de Direção-Geral da Educação [DGE], 2018, p.11).....	5
Tabela 3 – Caracterização da amostra participante.	13
Tabela 4 – Tipologia e objetivo investigativo de cada questão do teste cognitivo.	15
Tabela 5 – Questões e respetivos objetivos do guião de entrevista.	17
Tabela 6 - Critérios de correção da questão 1.1 do Grupo III.....	18
Tabela 7 - Categorização e codificação para a análise das respostas às entrevistas.	20
Tabela 8 - Estatística descritiva das classificações obtidas no pré e pós-teste.	27
Tabela 9 - Desempenho dos alunos nos diferentes grupos do pré e pós-teste.	27
Tabela 10 - Frequência de respostas às questões do guião de entrevista.	32

Lista de Figuras

Figura 1 – Espiral de ciclos da I-A (adaptado de Coutinho et al., 2009, p.366).	12
Figura 2 - Óculos Google Cardboard.	22
Figura 3 - Aluno a utilizar os Google Cardboard.	23
Figura 4 - Exemplo do cenário virtual desenvolvido através do Thinglink.....	23
Figura 5 - Alunos a realizar a simulação Lasbter com auxílio do professor.	24
Figura 6 - Exemplo da simulação Labster.	24
Figura 7 - Desenvolvimento do modelo através do <i>Blender</i>	24
Figura 8 - Dados moleculares utilizados e apresentados através do cenário virtual <i>Thinglink</i>	25
Figura 9 - Exemplo de desenho de pré-teste com erro na localização da formação de Acetil CoA (localizada no citoplasma), na localização da cadeia respiratória (localizada no citoplasma) e legenda.	29
Figura 10 - Exemplo de desenho de pós-teste.	30

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGEM ESSENCIAL
EOAM	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM BASEADA EM MODELOS
EOABRP	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM BASEADO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
EOAC	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR CASOS
IPP-PES	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL, INCLUINDO A PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
IP	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
I-A	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
SD	SEQUÊNCIA DIDÁTICA
UAARE	UNIDADE DE APOIO AO ALTO RENDIMENTO NA ESCOLA

1. Introdução

O presente relatório de estágio consiste no desenvolvimento e implementação de uma intervenção pedagógica (IP) numa turma do 10.º ano de escolaridade de uma escola básica e secundária no distrito do Porto. Este foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Iniciação à Prática Profissional, incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (DID5000) do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.

Neste relatório, a referida IP consistiu no uso de estratégias como a modelação e simulação digital aliado à metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC) no ensino da temática da respiração aeróbia. A recolha de dados apoiou-se metodologicamente na Investigação-Ação (IA), de forma a obter indicadores acerca do contributo da metodologia e estratégias de ensino seleccionadas no desenvolvimento de competências – conhecimento, capacidades e atitudes – necessárias para enfrentar os desafios imposto pela sociedade no século XXI.

1.1. Contextualização e justificação da investigação

O século XXI é caracterizado por uma rápida e constante evolução tecnológica e transformação digital que transformou a forma como a sociedade se organiza, interage e se desenvolve, sendo virtualmente impossível evitar o contacto com esta, dado o seu papel central em quase todos os aspetos da vida quotidiana. Todos os cidadãos, mesmo aqueles que tentam levar um estilo de vida mais simples ou minimalista, acabam inevitavelmente por estar ligados a ferramentas tecnológicas, muito graças à digitalização dos serviços públicos, à automatização de serviços básicos, como a saúde ou o comércio, ou de processos burocráticos. Assim, o contacto com a tecnologia deixou de ser uma escolha, tornando-se uma necessidade intrínseca à participação numa sociedade contemporânea (Kadhim, 2024). Para além disso, a força impulsionadora inerente a esta evolução tecnológica resultou em mudanças nas mais diferentes áreas da indústria, tornando imperativo o desenvolvimento de competências tecnológicas e digitais por todo e qualquer cidadão. Esta necessidade encontra-se descrita sobretudo no mercado de trabalho, uma vez que muitas vezes são destacados os trabalhadores que apresentam um maior domínio sobre ferramentas digitais, melhor compreendem o funcionamento de plataformas online, bem como se conseguem adaptar às constantes atualizações e inovações tecnológicas que surgem diariamente (Vrana, 2016).

Esta explosão tecnológica trouxe avanços para muitas das diferentes áreas de interesse social, proporcionando uma melhoria significativa no acesso e qualidade dos serviços

básicos como a saúde ou a educação. Desde o início do século que novas metodologias, estratégias e recursos educativos têm surgido com o objetivo de proporcionar um ensino com cada vez mais qualidade e acessibilidade a todos os indivíduos. Porém, apesar da disponibilidade de todas estas ferramentas, o ensino parece não ter “apanhado este comboio tecnológico”, encontrando-se estagnado naquilo que era há 50 anos (Dias-Trindade et al., 2021). Desta forma, os sistemas educativos não se encontram equipados para preparar os jovens de hoje para integrar a sociedade como cidadãos informados. Muita desta renúncia à evolução advém de uma falta de competências tecnológicas por parte dos professores, frequentemente agravada pela elevada idade média destes profissionais. A maioria dos docentes, por ter dado início à sua prática profissional numa altura onde os requisitos tecnológicos eram diminutos e por não terem acompanhado esta explosão tecnológica, mantem-se fiel aos métodos e estratégias tradicionais que não correspondem às novas necessidades dos alunos (Brackett, 2024; Dinç, 2019).

A necessidade de mudança do paradigma de ensino intrínseca a esta revolução digital mostra a sua importância não apenas no ensino de conhecimentos científicos que, não sendo menosprezados, continuam a mostrar a sua relevância numa sociedade onde o progresso científico tem seguido um crescimento contínuo e acelerado (Beck et al., 2019), mas também na promoção do desenvolvimento competências de forma a dotar os alunos das ferramentas necessárias para se tornarem cidadãos ativos. Assim, a escola adota a missão de preparar os alunos para a sociedade, munindo-os dos meios necessários para esta (Akin-Sabuncu et al., 2017). Para responder a estes desafios, a adoção de uma metodologia de ensino que permita uma aprendizagem ativa pelo aluno torna-se um importante alicerce deste processo, permitindo o seu envolvimento em atividades que potenciem a sua aprendizagem. Desta forma, os alunos são encorajados a sair do mero “decorar” e levados a pesquisar, raciocinar, pensar criticamente e interagir entre si, objetivando a resposta a perguntas levantadas pelo professor ou resultantes da própria interação (Erickson et al., 2020; Kang & Keinonen., 2018; Potvin et al, 2017). O uso destas metodologias tem demonstrado uma grande efetividade, promovendo para além do desenvolvimento de competências, um maior interesse e motivação por parte dos alunos.

Como dito anteriormente, o conhecimento científico adquire uma grande importância numa sociedade contemporânea, dada a sua rápida evolução, tornando-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de uma literacia científica que possibilite o entendimento destas novas descobertas. Um dos principais temas com os quais os

alunos apresentam maiores dificuldades de aprendizagem é a respiração aeróbia. Este processo, inerente a todos os organismos desenvolvidos, apresenta-se como um dos mais complexos no ensino das ciências devido a diversos fatores, nomeadamente: i) a sua natureza abstrata e impossibilidade de observação direta; ii) um grande número de concessões alternativas associadas a este tema; iii) a complexidade metabólica das suas etapas (Dam et al., 2019; Patro, 2008; Rybarczyk et al., 2007). Assim, as metodologias clássicas demonstram-se ineficazes no ensino deste tema, tornando-se imperativo o uso de metodologias ativas que permitam o melhor entendimento destes conteúdos.

Neste contexto, o EOAC revela-se uma metodologia eficaz no ensino das ciências. Ao contrário do ensino transmissivo, esta metodologia fortalece a capacidade do aluno de aprender de forma autónoma, utilizando conhecimentos previamente desenvolvidos para resolver problemas (Vasconcelos & Faria, 2017). Assim, o uso de casos no ensino das ciências permite a aplicação dos conhecimentos teóricos em casos práticos, promovendo a aproximação de dimensão teórica e prática (Ulvik et al., 2022). Aliado a diferentes estratégias, o EOAC aprimora competências de resolução de problemas, bem como desperta uma maior motivação e interesse dos alunos nos temas lecionados (Vedi & Dulloo, 2021).

O presente relatório consistiu na elaboração e aplicação de uma IP assente no EOAC no 10º ano de escolaridade associado à temática da respiração celular. Juntamente com o uso de casos, também foram utilizadas estratégias como a modelação e a simulação digital a fim de dinamizar os processos de ensino e de aprendizagem e promover o desenvolvimento de competências digitais e contacto dos alunos com ferramentas de ensino virtuais.

1.2. Questões e objetivos da investigação

Com base no descrito, a investigação subjacente a este relatório apresentou as questões de investigação seguintes:

- **Q1:** Avaliar o impacto da metodologia de EOAC no desenvolvimento de conhecimentos relativos à temática da respiração aeróbia em alunos do 10.º ano de escolaridade.
- **Q2:** Aferir a perceção e capacitação dos alunos sobre a integração das tecnologias digitais aplicadas à aprendizagem da temática da respiração aeróbia no 10.º ano de escolaridade.

De modo a responder aos objetivos de investigação e guiar a aplicação da IP foram desenvolvidos objetivos carater científico, educacional e profissional, que constam na tabela 1.

Tipologia	Objetivos
Científicos	• Distinguir as diferentes etapas metabólicas da respiração celular, relacionando-as com os organelos celulares onde ocorrem. • Analisar e interpretar irregularidades no funcionamento da respiração celular e sua relação com doenças metabólicas. • Relacionar os produtos iniciais e finais de cada fase da respiração celular.
Pedagógicos	• Potenciar o uso de tecnologias digitais integradas na metodologia de EOAC. • Promover o desenvolvimento de competências, como o raciocínio lógico e o saber científico e tecnológico, através do EOAC e da estratégia de modelação.
Profissionais	• Desenvolver competências para a planificação e implementação da metodologia de EOAC com recurso a modelos e simuladores no ensino das ciências. • Fomentar o desenvolvimento e a autonomia profissional através de uma prática docente participativa e reflexiva. • Aprimorar competências no âmbito da investigação em educação em ciências.

Tabela 1 – Objetivos científicos, pedagógicos e profissionais deste projeto.

De notar que os objetivos científicos apresentados na tabela 1 resultam da adaptação das aprendizagens essenciais (AE) apresentadas na tabela 2, que serão desenvolvidas no capítulo seguinte.

2. Enquadramento educacional

O presente capítulo discute o enquadramento educacional que orienta esta investigação, apresentando a base curricular e as AE relacionadas à temática abordada, a respiração celular. Adicionalmente, é descrita uma breve visão geral sobre as práticas educativas associadas a este tema, evidenciando desafios enfrentados e estratégias que podem contribuir para superá-los, promovendo a melhoria do ensino.

2.1. Enquadramento curricular

A elaboração desta IP teve como foco principal a temática científica “Transformação e utilização de energia pelos seres vivos”, indo ao encontro às AE específicas e transversais estabelecidas pelo Ministério da Educação e elencadas na tabela 2.

Organizador	Domínio: Transformação e utilização de energia pelos seres vivos
Aprendizagens Essenciais	• “Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, láctica) e respiração aeróbia (balanço energético, natureza dos produtos finais, equação geral e glicólise como etapa comum), mobilizando conhecimentos de Química (processos exoenergéticos e endoenergéticos)”. • “Relacionar a ultraestrutura de células procarióticas e eucarióticas (mitocôndria) com as etapas da fermentação e respiração.”
Aprendizagens Essenciais Transversais	• “Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.” • “Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).” • “Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.”

Tabela 2 – Aprendizagens essenciais e transversais para o 10.º ano de escolaridade (adaptado de Direção-Geral da Educação [DGE], 2018, p.11).

Para além das AE do currículo português, também o documento do Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) serve como referência normativa, apresentando uma série de competências necessárias e que devem ser desenvolvidas nos alunos de forma a preparar estes para uma sociedade contemporânea. No contexto desta IP, foi pretendido o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, pensamento crítico, raciocínio lógico, resolução de problemas, saber científico e tecnológico e relacionamento interpessoal (Martins et al., 2017).

2.2. O ensino da respiração aeróbia

A respiração aeróbia é um tema complexo e abstrato que frequentemente desafia os alunos, evidenciando limitações do ensino tradicional e a necessidade de adoção de metodologias ativas e de natureza socioconstrutivistas.

Estudos recentes investigaram abordagens inovadoras para este tópico. Fadzil e Mahmud (2020) analisaram o Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (EOABRP) comparando-o ao ensino tradicional. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas nos resultados, sugeriu-se que uma integração gradual do EOABRP no currículo poderia trazer melhorias.

Por sua vez, Dam e colaboradores (2019) usaram modelos baseados em peças Lego para simular os processos biológicos da respiração aeróbia, promovendo maior motivação e interesse nos alunos, apesar de não se verificarem avanços significativos nos resultados conceptuais. Estes estudos sublinham o potencial das metodologias ativas, ainda que a sua eficácia dependa de maior adaptação e contexto.

Baines e colaboradores (2003) realizaram um estudo baseado no EOAC para ensinar a respiração aeróbia, considerando o efeito do veneno rotenona na cadeia transportadora de eletrões. Neste estudo, os alunos trabalharam num caso que envolvia uma morte fictícia causada pela imersão num banho deste composto antiparasitário tóxico. A atividade incluiu discussões em grupo e mini-aulas intercaladas, com o objetivo de promover a análise de dados e o pensamento crítico. Os resultados indicaram que esta metodologia e estratégias de aprendizagem ativa aumentaram o envolvimento dos alunos e melhoraram a compreensão dos conceitos de respiração celular, embora tenha sido necessário um esforço significativo para eliminar preconceitos prévios.

Outro estudo que apoia a aprendizagem ativa foi realizado por Rice (2013), com foco na utilização de animações interativas online, como as do *Virtual Cell Animation Collection*, para ensinar a respiração aeróbia. Estas animações auxiliaram na visualização de ideias complexas, como as etapas das vias metabólicas, os gradientes eletroquímicos e a produção de ATP. Esta estratégia demonstrou ser eficaz tanto em ambientes presenciais como online, promovendo maior interesse, retenção de conteúdos e envolvimento dos alunos.

3. Metodologia de ensino

O presente capítulo visa descrever a metodologia de ensino adotada na IP desenvolvida, juntamente com as estratégias de ensino utilizadas. Devido à natureza abstrata e complexa do tema abordado, optou-se pela utilização da metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC) integrada com estratégias de ensino como a modelação e na simulação digital, promovendo uma aprendizagem ativa, contextualizada e orientada para o desenvolvimento de competências.

3.1. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos

A metodologia de EOAC teve a sua origem na Universidade de Harvard, nos Estados Unidos da América, onde foi criada e amplamente utilizada. Esta metodologia surge sobretudo no ensino de direito, sendo posteriormente difundida e utilizada em diversas outras áreas, como a medicina e as ciências naturais (Vasconcelos et al., 2017). Através desta, os alunos eram expostos a casos reais que poderiam encontrar nas suas futuras profissões e levados a aplicar os seus conhecimentos, objetivando chegar a respostas e conclusões relativas a esse mesmo caso (Ayu Dewi & Rahayu, 2024; Seshan et al., 2021).

Tal como o seu nome indica, esta metodologia caracteriza-se pela apresentação de um caso, real ou fictício, muitas vezes apresentado sob a forma de um problema, visando a aplicação de conhecimentos teóricos previamente desenvolvidos pelos alunos de forma a apresentarem uma solução ao problema/caso inicial. Apesar da sua aparente semelhança com outra metodologia amplamente difundida e utilizada, o EOABRP, estas apresentam as suas diferenças. Enquanto o EOABRP propõe o desenvolvimento de conhecimentos aquando da sua aplicação, incentivando os alunos a aprender novos conteúdos à medida que resolvem o problema em questão através da investigação, o EOAC não visa a aprendizagem de novos conteúdos, mas sim a mobilização de conhecimentos prévios e a sua aplicação em cenários reais, de forma a colmatar o fosso existente entre a teoria e a prática (Daher et al., 2017).

Neste contexto, o EOAC não deve ser utilizado com uma metodologia isolada, mas sim complementando outras metodologias utilizadas previamente, capacitando os alunos com os conhecimentos base necessários para a resolução do caso em questão. Esta metodologia inclui-se numa perspetiva socioconstrutivista da aprendizagem, sendo por isso proposta a organização dos alunos em pequenos grupos de trabalho, visando a comunicação e discussão entre os membros, possibilitando o desenvolvimento de diversas competências e, até, a construção de novo conhecimento através desta

(Vasconcelos et al., 2017). Tratando-se de uma metodologia ativa, o EOAC promove o desenvolvimento de várias competências que possibilitam a formação de cidadãos socialmente ativos, competentes e responsáveis, nomeadamente o trabalho colaborativo, comunicação criatividade e resolução de problemas (Sapeni & Said, 2020).

Contudo, o EOAC também apresenta algumas limitações e constrangimentos inerentes ao seu uso. Segundo Rhodes e colaboradores (2020), um dos maiores desafios que esta metodologia enfrenta é a falta de familiaridade que os alunos podem demonstrar face à natureza ativa desta metodologia, bem como à natureza argumentativa da mesma. Estando habituados apenas a receber um ensino transmissivo, muitos alunos podem ter dificuldades em adaptar-se à complexidade, tornando-se demasiado desafiador para estes. Para além disso, da perspetiva de Yan e Ottenbreit-Leftwich (2023), existe uma grande dificuldade na criação de um caso relevante, autêntico e motivador. Por fim, uma das grandes dificuldades reside no tempo necessário para a correta exploração do caso, o que pode levar a que nem todos os objetivos propostos sejam atingidos (Mostert, 2007).

Associado ao uso do EOAC, a integração de outras estratégias pode demonstrar-se uma ferramenta valiosa, criando um maior grau de motivação e interesse por parte do aluno, enriquecendo a sua aprendizagem. Neste projeto, as estratégias que se destacam são a modelação e simulação virtual como estratégias capazes de integrar recursos interativos e imersivos para a apresentação e desenvolvimento do caso em questão.

3.2. Estratégias de ensino

A modelação como estratégia educativa tem sido amplamente difundida devido às suas vantagens e potencialidades no ensino das ciências. Esta estratégia consiste no uso de modelos, representações visuais simplificadas de fenómenos ou sistemas, utilizados para explicar, observar e prever aspetos do mundo real. A principal vantagem desta estratégia reside no facto de ajudar os alunos na visualização de conceitos abstratos e, sobretudo no ensino de biologia, na visualização de processos doutra forma não visíveis (como a divisão mitótica, movimentos transmembranares, entre outros) (Gary et al., 2022; Chiu & Lin, 2019; Valeeva et al., 2023). Para além disso, o uso de modelos promove o questionamento, possibilita a manipulação de variáveis e a observação de acontecimentos, bem como a estruturação de hipóteses (Chiu & Lin, 2019). Por fim, o uso destes recursos educativos promove a reestruturação e construção de modelos mentais mais claros, complexos e coerentes. Conforme definido por Johnson-Laird em 1983, um modelo mental é uma representação interna de fenómenos externos ou experiências, construídos de forma pessoal e dotados de características preditivas e

explicativas que influenciam a forma como pensamos e nos comportamos (Johnson-Laird, 1983). A construção destes modelos mentais no contexto escolar é imperativa, pois permite a organização e estruturação de conteúdos na mente do aluno, promovendo a aprendizagem e facilitando a sua futura aplicação.

Apesar dos modelos utilizados muitas vezes serem físicos, como modelos anatómicos, graças à evolução tecnológica característica do século XXI, novas formas de apresentar e trabalhar com modelos foram criadas. Um exemplo destas é a modelação 3D, que permite a criação de modelos digitais extremamente detalhados e a sua manipulação e observação (Ardila et al., 2023). Utilizando estes modelos como base, podem ser desenvolvidas animações que possibilitam a observação de fenómenos previamente impossíveis de ver em sala de aula. Em 2023, um grupo de investigadores realizou um estudo comparativo entre o uso de visualizações estáticas e o uso de modelos 3D e animações (Teplá et al., 2023). No geral, o uso de modelação 3D e animações despertou um maior interesse e motivação dos alunos, bem como proporcionou um maior entendimento do material apresentado ao reduzir o nível de processos cognitivos e abstração necessária para compreender os conceitos em estudo (Teplá et al., 2023). Apesar de muitas vezes o uso de modelos aparecer como uma metodologia própria, o Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada em Modelos (EOAM), no presente projeto este aparece como uma estratégia integrada (modelação) numa outra metodologia de forma a dinamizar o ensino e proporcionar um melhor entendimento dos conteúdos tratados, pois são processos não observáveis e beneficiarem de representações através destes recursos.

Também graças ao avanço tecnológico, uma outra metodologia de ensino que tem vindo a ser amplamente difundida e utilizada é o Ensino Orientado para a Aprendizagem Baseada em Simulações (*Simulation-Based Teaching/Learning*). Através de simuladores virtuais, é possível a replicação de cenários laboratoriais, colocando o aluno imerso num universo digital que simula cenários do mundo real (Chernikova et al., 2020). Aqui, o aluno pode interagir com os diversos componentes da simulação, desenvolvendo trabalho prático, laboratorial ou não, num ambiente seguro e que simultaneamente promove o desenvolvimento de competências práticas. A principal vantagem do uso desta metodologia reside no feedback instantâneo recebido pelo aluno mal este execute uma ação, seja esta correta ou não (Chernikova et al., 2020; Saleem & Khan, 2023). Para além disso, todo este processo é elaborado num universo seguro e controlado, possibilitando que o aluno cometa os erros inerentes à sua aprendizagem sem consequências físicas no mundo real (Elendu et al., 2024). Por fim, o uso de

simuladores tem notado uma grande aderência por parte dos alunos, aumentando a sua motivação e empenho na realização da atividade (Chernikova et al., 2020).

Apesar destes benefícios, esta metodologia também apresenta algumas falhas, nomeadamente o alto custo monetário e temporal associado à criação deste ambiente virtual, bem como a exigência de competências tecnológicas por parte do professor e dos alunos (Maloney & Haines, 2016). Como forma de colmatar esta primeira, muitas plataformas ligadas a simulações digitais foram criadas e continuam a ser constantemente atualizadas de forma a enquadrarem com um currículo em constante mudança. Uma destas é o *Labster*, uma plataforma digital que se baseia em simulações laboratoriais utilizando modelos 3D e elementos de gamificação para oferecer uma experiência imersiva aos utilizadores, apresentando uma vasta gama de simulações associadas a diversas áreas das ciências. Várias investigações foram desenvolvidas, quer por representantes da própria plataforma como por investigadores independentes, que comprovam a utilidade desta plataforma no ensino das ciências (Schechter et al., 2023; Thisgaard & Makransky, 2017; Vries & May, 2019).

Finalmente, com base numa perspetiva de ensino orientado para a aprendizagem por investigação com cariz socioconstrutivista, recorreu-se também ao questionamento e trabalho colaborativo como estratégias educativas. Através do levantamento de questões coerentes com os conteúdos abordados, o professor estimula o pensamento crítico e a construção do seu próprio conhecimento nos alunos. Desde a Grécia antiga, com o método socrático, que o questionamento foi visto como uma estratégia de elevada relevância no desenvolvimento de um pensamento crítico (Zare & Mukundan, 2015), definido pelo *World Economic Forum* como uma das competências mais importantes e prioritizadas para 2025 (Djalilova Zarnigor, 2023). Dada a facilidade de acesso a informações de que dispomos atualmente, é crucial que os cidadãos de uma sociedade contemporânea sejam capazes de distinguir processar, analisar e determinar a confiabilidade das informações a que acessa, sobretudo com a enchente de *fake-news* que se tem vindo a popularizar sobretudo pelos media sensacionalistas (Machete & Turpin, 2020). Dada a sua natureza, o questionamento pode ser implementado aliado a outras estratégias e metodologias educativas. No contexto desta investigação, quando integrada no EOAC, leva à criação de um ambiente propício onde a curiosidade e o pensamento crítico podem ser desenvolvidos (Djalilova Zarnigor, 2023).

4. Metodologia de investigação

Esta investigação teve como principais objetivos avaliar o impacto da metodologia de EOAC no desenvolvimento de conhecimentos relativos à temática da respiração aeróbia em alunos do 10.º ano de escolaridade, bem como aferir a perceção e capacitação dos alunos sobre a integração das tecnologias digitais aplicadas à aprendizagem da temática da respiração aeróbia no 10.º ano de escolaridade. Desta forma, foi elaborado um ciclo de I-A recorrendo à combinação de métodos quantitativos e qualitativos.

4.1. Investigação-Ação

Segundo Coutinho (2023), a I-A pode ser descrita como uma combinação de metodologias de investigação que incluem, simultaneamente, momentos de ação e investigação num processo cíclico e espiral, com momentos reflexivos sobre a prática, de modo a implementar mudanças nesta. O que distingue a I-A de outras metodologias investigativas é a sua natureza prática e interventiva, não se limitando a expor a realidade que se observa, mas sim intervindo nesta realidade e fomentando a mudança de mesma (Coutinho, 2023; Cohen et al., 2017).

A I-A é descrita como sendo constituída por quatro fases distintas e sequenciais: planificação, ação, observação e reflexão. Numa primeira fase, é detetado o problema a ser investigado e delineado um plano de ação de modo a incutir a mudança. Segue-se a aplicação prática desta planificação e a recolha dos resultados. Por fim, o investigador reflete sobre estes dados obtidos, retirando conclusões acerca da sua intervenção. Após este momento, o problema é reconceptualizado e um novo plano de ação é elaborado, demonstrando assim o caráter ciclo e espiral desta metodologia (Figura 1) (Coutinho, 2023).

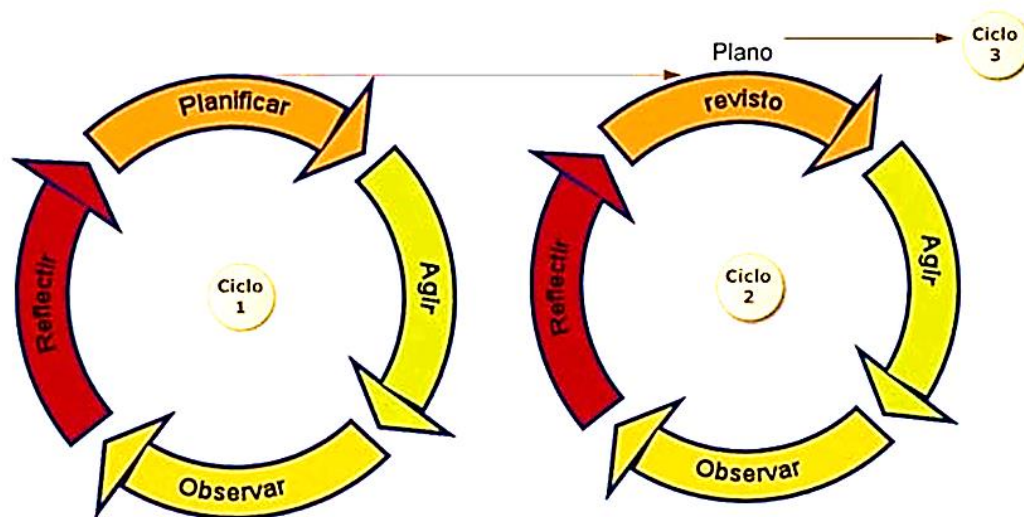


Figura 1 – Espiral de ciclos da I-A (adaptado de Coutinho et al., 2009, p.366).

Apesar da I-A ser caracterizada pela sua ciclicidade e constante evolução do plano desenvolvido e aplicado, devido ao contexto em que a investigação em questão decorreu (Iniciação à Prática Profissional, incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (IPP-PES)), foi apenas possível ser realizado um único ciclo. Assim, apesar de não haver uma revisão do plano e a sua nova aplicação, a fase reflexiva não foi avançada, servindo assim para retirar conclusões e formular mudanças para um possível próximo ciclo de I-A.

Como referido anteriormente, a presente investigação levou a cabo uma combinação de métodos quantitativos e qualitativos. Embora desafiadora, dada a necessidade de análise crítica dos dois tipos de dados por parte do investigador, esta abordagem permite a junção dos dois métodos e o seu uso de forma sinérgica, retirando o melhor de ambos.

4.2. Caracterização da amostra

A presente investigação decorreu junto de uma turma do 10.º ano de escolaridade constituída por 23 alunos ($n=23$) com idades compreendidas entre os 14 e 16 anos (média=14,7; desvio padrão= 0,68). A turma participante no estudo é equilibrada em termos de género, sendo 12 destes do sexo masculino ($n=12$; 52,2%) e 11 do sexo feminino ($n=11$; 47,8%). A caracterização da amostra encontra-se descrita na tabela 3.

A maioria da turma apresentava nacionalidade portuguesa, com exceção de dois alunos ($n=2$; 8,6%) com nacionalidade brasileira e iraniana. Em geral, toda a turma apresentava facilidade com a língua portuguesa, exceto o aluno iraniano, que apesar de ser fluente,

demonstra alguma dificuldade na formação de frases e no entendimento de certos termos de vocabulário. Esta turma também integrava um aluno com necessidades educativas especiais ($n=1$; 4,3%), que apresenta dificuldades motoras, o que dificulta a realização de certas atividades.

Dados demográficos		Amostra	
		n	%
Sexo	Masculino	12	52,2
	Feminino	11	47,8
Nacionalidade	Portuguesa	21	91,4
	Brasileira	1	4,3
	Iraniana	1	4,3
Idade	Média	14,7	
	Desvio Padrão	0,68	
	Mínimo	14	
	Máximo	16	

Tabela 3 – Caracterização da amostra participante.

Para além disso, esta turma incluía também quatro alunos ($n=4$; 17,4%), dois alunos e duas alunas, com estatuto UAARE (Unidade de Apoio ao Alto Rendimento na Escola), pelo que apresentam alguma sobreposição de horários entre certas disciplinas e os treinos. Por fim, apenas um aluno era repetente ($n=1$; 4,3%). De salientar que o número definitivo de participantes foi condicionado a consentimento e assentimento informados dos encarregados de educação e alunos.

A amostra anteriormente descrita é uma amostra de conveniência, tratando-se apenas de uma das turmas lecionadas em contexto de IPP-PES pelo investigador principal no início do ano letivo 2024/25. Esta também se revela não probabilística e não representativa dado o reduzido número de participantes da mesma e falta de aleatoriedade do processo de amostragem, pelo que não se pode generalizar os resultados obtidos a partir da IP. Apesar disto, a recolha destes dados permite a obtenção de indicadores para os critérios avaliados.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Esta investigação utilizou como técnicas de recolha de dados a testagem e o inquérito por entrevista. Para a testagem, foi utilizado um teste cognitivo como instrumento de recolha de dados e, para o inquérito, recorreu-se a um guião de entrevista.

4.3.1. Testagem

Os testes cognitivos representam instrumentos formais de recolha de dados e que permitem obter informações relativas aos domínios cognitivos e atitudinais dos inquiridos (Gay et al., 2012). A resolução deste teste corresponde a um momento de trabalho prático utilizando papel e caneta, sendo normalmente realizado em contexto formal, na sala de aula.

Nesta investigação, foi utilizado o teste cognitivo com o objetivo de avaliar os processos mentais dos alunos, como a capacidade de análise e aplicação do conhecimento em diferentes contextos práticos, bem como o impacto da sequência didática (SD) no desenvolvimento de conhecimentos relativos à temática abordada. Neste sentido, este teste foi aplicado em dois momentos distintos, antes da aplicação da SD (pré-teste) e logo após o final desta (pós-teste), seguindo um design quasi-experimental, almejando a comparação dos resultados e, consequentemente, avaliar o impacto da metodologia, estratégias e recursos educativos na aprendizagem dos alunos. Do ponto de vista de aplicação em sala de aula, o teste cognitivo foi indicado como uma ficha de trabalho de modo a reduzir a ansiedade dos alunos face à sua avaliação e foi reforçado que todos os dados recolhidos não seriam utilizados como instrumento de avaliação formal dos alunos.

O teste cognitivo utilizado nesta investigação encontra-se organizado em três grupos contendo itens de seleção (escolha múltipla) e questões de resposta aberta (itens de resposta curta e de preenchimento de espaços) (tabela 4).

Questão	Tipologia	Objetivo da investigação
Grupo I	1.1 a) A glicólise corresponde a um processo catabólico que permite a formação de moléculas de ATP.	Examinar se os alunos compreendem a natureza do processo da glicólise.
	1.2 Em que local se realiza a glicólise? c) Citoplasma	Observar se os alunos conseguem situar o processo da glicólise na célula.
	1.3 c) Em relação às condições em que a glicólise ocorre, é correto afirmar que a glicólise pode ocorrer tanto na presença quanto na ausência de oxigénio.	Avaliar o conhecimento dos alunos sobre as condições em que ocorre a glicólise.
	2 Identifica quais são os produtos finais da glicólise.	Identificar se os discentes reconhecem os produtos finais da glicólise.
Grupo II	1 Indica qual é a função da respiração aeróbia.	Determinar se o aluno entende a função geral da respiração aeróbia.
	2.1 d) A respiração aeróbia corresponde um processo catabólico que permite a formação de moléculas de ATP.	Avaliar a compreensão dos alunos face à natureza catabólica da respiração.

Tabela 4 – Tipologia e objetivo investigativo de cada questão do teste cognitivo.

	Após a glicólise, as moléculas de piruvato podem seguir duas vias metabólicas diferentes: respiração aeróbica e respiração anaeróbica. Selecciona entre as seguintes afirmações aquela que corresponde à principal diferença entre estas vias metabólicas	Investigar se os discentes compreendem as diferenças entre a respiração aeróbica e anaeróbica.
2.2		
2.3	A formação de acetil-CoA durante a respiração aeróbica ocorre na matriz mitocondrial.	Avaliar o conhecimento do aluno relativamente à formação do acetil-CoA.
2.4	Qual das seguintes moléculas é reduzida durante a formação de acetil-CoA a partir do piruvato?	
3	Explica a importância do ciclo de Krebs na respiração celular aeróbica, mencionando o seu papel na produção de energia.	Determinar se os alunos compreendem o papel do ciclo de Krebs na respiração aeróbica.
4	A figura seguinte representa uma das etapas da respiração celular, o Ciclo de Krebs. Completa os espaços em branco com os compostos corretos.	Verificar a capacidade dos alunos de identificar e nomear corretamente os compostos envolvidos nas etapas do ciclo de Krebs.
5.1	O ciclo de Krebs é uma via metabólica exclusiva de células eucarióticas, ocorrendo exclusivamente nas mitocôndrias.	Compreender se os discentes reconhecem que o ciclo de Krebs apenas ocorre nas células eucariontes.
5.2	Qual dos seguintes produtos não é formado diretamente pelo ciclo de Krebs?	Verificar se os alunos são capazes de reconhecer as moléculas intervenientes e libertadas pelo ciclo de Krebs.
5.3	Quantas moléculas de CO ₂ são libertadas durante um ciclo de Krebs?	
5.4	Em que local ocorre o ciclo de Krebs nas células eucarióticas?	Averiguar se os alunos são capazes de situar o ciclo de Krebs na mitocôndria.
5.5	A cadeia transportadora de eletrões pode ocorrer na ausência de oxigénio, uma vez que depende apenas de NADH e FADH ₂ como fontes de eletrões.	Analisar o conhecimento dos alunos relativamente à cadeia transportadora de eletrões.
5.6	Qual das seguintes moléculas é produzida no final da cadeia transportadora de eletrões?	
6	Explica o papel da cadeia transportadora de eletrões na respiração celular e descreve de que forma esta contribui para a produção de ATP.	Avaliar a compreensão dos alunos sobre o papel da cadeia transportadora de eletrões na respiração aeróbica.
Grupo III	1.1 De forma clara, desenha na figura cada uma das etapas deste processo, tendo em conta o local onde estas ocorrem e compostos envolvidos. Cada etapa deve ser representada com uma cor diferente e deve ser elaborada a legenda destas cores.	Recolher os modelos mentais dos alunos relativamente às diferentes etapas da respiração aeróbica e ao local onde estas se realizam.
	1.2 Na tabela regista o balanço energético de cada uma das etapas deste processo.	Avaliar a capacidade do aluno de quantificar e organizar o balanço energético das diferentes etapas da respiração aeróbica

As questões deste teste foram organizadas segundo a ordem sequencial dos processos/etapas da respiração aeróbia, sendo o primeiro grupo correspondente à fase citoplasmática desta, e o segundo grupo à fase mitocondrial. O primeiro e segundo grupo pretendem avaliar os conhecimentos relativos à temática trabalhada, sendo composto o primeiro grupo por três escolhas múltiplas e uma questão de resposta curta. O segundo grupo é constituído por 10 escolhas múltiplas, três questões de resposta curta e uma de preenchimento de espaços numa imagem. Por fim, o terceiro grupo corresponde a uma síntese de todo o processo em questão, sendo pedido aos alunos que elaborem um desenho/esquema relativo às diferentes fases da respiração aeróbia e aos diferentes locais onde estas ocorrem, permitindo a análise dos modelos mentais dos alunos.

Os dados recolhidos através do teste cognitivo foram alvo de análise estatística, descritiva e inferencial, recorrendo ao software *Statistical Package for Social Sciences – SPSS* (versão 30). Adicionalmente, os modelos mentais resultantes da questão 1.1 do grupo III foram alvo de análise de conteúdo.

4.3.2. Inquérito por entrevista

A entrevista consiste num método de recolha de dados baseado numa conversa oral entre o investigador e um ou vários participantes da investigação, onde o investigador adquire informações sobre o inquirido. Segundo Gay e colaboradores (2012), as entrevistas podem ser classificadas em dois grandes tipos: estruturadas ou não estruturadas.

No estudo em questão, foi utilizado um guião de entrevista para suportar o desenvolvimento de entrevistas semiestruturadas, de modo a facilitar a condução da mesma. As questões apresentadas foram agrupadas em três grupos: questões relacionadas com a metodologia de ensino (EOAC), questões relacionadas com as estratégias utilizadas (Modelação e Simulação) e questões relacionadas com a usabilidade das plataformas e recursos digitais seleccionados. As principais questões e respetivos objetivos encontram-se apresentados na tabela 5.

	Questão principal	Objetivo da investigação
Questões sobre metodologia de	Q.1: Julgas que a utilização do caso apresentado te motivou a aprender mais sobre a temática da respiração celular?	Averiguar se a utilização EOAC motivou os alunos relativamente à aprendizagem dos conteúdos lecionados.
	Q.2: Na tua opinião, pensas que a inclusão do software utilizado para apresentar o caso permitiu um maior envolvimento com os conteúdos e motivação para aprender?	Compreender se a utilização do <i>Thinglink</i> como ferramenta de apresentação do caso criou no aluno uma maior motivação para explorar o mesmo.

Questões sobre estratégias de ensino	Q.3: Consideras que a utilização de modelos virtuais ajudou ao melhor entendimento dos processos celulares em questão (como a cadeia transportadora de eletrões)?	Perceber se os alunos consideram que o uso de modelos virtuais facilitou a formação de modelos mentais relativos ao processo em estudo.
	Q.4: Quais consideras ser as vantagens e desvantagens do uso de modelos digitais na aprendizagem da respiração celular?	Entender quais, na ótica do aluno, são as principais vantagens e desvantagens inerentes ao uso da modelação digital como estratégia de ensino.
Questões sobre o uso de tecnologia	Q.5: Consideras que o uso de tecnologias digitais educativas promoveu um maior envolvimento e motivação para a conclusão do caso?	Avaliar se a utilização do <i>Thinglink</i> , <i>Labster</i> e <i>Google Cardboard</i> permitiu um maior dinamismo, motivação e envolvimento dos alunos na atividade.
	Q.6: Tens alguma sugestão ou adaptação que gostarias de ver implementada nesta atividade?	Recolher feedback do aluno sobre possíveis adaptações ou sugestões a serem aplicadas numa segunda fase do ciclo de I-A.

Tabela 5 – Questões e respetivos objetivos do guião de entrevista.

As entrevistas foram gravadas em formato de áudio de modo a serem transcritas, categorizadas e analisadas. Sendo que a entrevista resultou na recolha de dados qualitativos, estes foram alvo de categorização, análise de conteúdo e tratamento de dados recorrendo ao software NVivo (versão 15).

4.3.3. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

A validade de um instrumento de recolha reflete o nível de exatidão com que este consegue medir o que se propõem a medir, permitindo uma interpretação válida dos resultados obtidos. Desta forma, estes dados são válidos se refletirem com fiabilidade os fenómenos estudados. Contudo, é necessária uma adequada validação destes instrumentos cada vez que estes são utilizados, não bastando uma validação geral e final (Coutinho, 2023; Gay et al., 2012). Por sua vez, a fidelidade refere-se ao nível de consistência com que um instrumento avalia o que se propõem a avaliar. Um instrumento fiável, quando aplicado em diferentes amostras e segundo condições semelhantes, deve gerar resultados consistentes (Coutinho, 2023; Gay et al., 2012). Tanto a validade como a fidelidade do estudo foram asseguradas através do desenvolvimento cuidadoso e cauteloso dos instrumentos de recolha de dados utilizados no mesmo com base na literatura, bem como uma posterior análise de conteúdos adequada. Os instrumentos de recolha utilizados foram alvo de uma análise por parte do(a) professor(a) cooperante da IPP-PES, bem como de dois especialistas em educação das ciências, de forma a verificar e assegurar a sua validade e fidelidade.

4.4. Técnicas de análise e tratamento de dados

Após administrado, o teste cognitivo (Apêndice 8) foi corrigido segundo os critérios de correção específicos e classificado numa escala de 0 a 20 valores. Como referido anteriormente, os dados obtidos através deste foram alvo de uma análise estatística descritiva e inferencial com recurso ao SPSS. A correção dos testes foi realizada de acordo com a tipologia das questões, sendo as questões de escolha múltipla corrigidas atribuindo a pontuação total às respostas corretas, sem penalização por respostas erradas e as questões abertas avaliadas com base em critérios de correção previamente delineados.

Com o objetivo de compreender as representações mentais dos alunos relativamente ao processo da respiração aeróbia, foi solicitado na questão 1.1 do Grupo III que elaborassem um desenho ilustrando as diferentes etapas deste processo, o local onde ocorrem. A correção e análise dos desenhos foi realizada com base nos critérios descritos na tabela 6.

Categoria	Descritor	Pontuação
Etapas	Representa corretamente as quatro etapas da respiração celular	3 pontos por etapa corretamente representada (total = 12 pontos)
Legenda	Legenda corretamente as quatro etapas da respiração celular utilizando diferentes cores	2 pontos por etapa corretamente legendada (total = 8 pontos)
Local	Situa corretamente as quatro etapas da respiração celular dentro da célula/mitocôndria	2 pontos por etapa corretamente situada (total = 8 pontos)
Compostos	Representa corretamente todos os compostos intervenientes na respiração celular e respetivas etapas	2 pontos por composto representado (total = 10 pontos)

Tabela 6 - Critérios de correção da questão 1.1 do Grupo III

Os entrevistados foram selecionados com base nos resultados obtidos no pré e pós-teste, sendo escolhidos os dois alunos que apresentaram maior evolução, bem como os alunos que apresentam menor evolução. Para além destes, foram também selecionados os alunos que obtiveram a maior e menor classificação no pós-teste, totalizando uma mostra de entrevista composta por 6 alunos (n=6; 26,1%). De forma a facilitar a análise de resultados, as respostas foram categorizadas e codificadas segundo o seguinte sistema (Tabela 7) e podem ser consultadas através do endereço <https://drive.google.com/drive/folders/1pl-6p4zZECOBc381Pr-Pi2VPLJGGtLG9?usp=sharing>

Categoria	Subcategoria	Código	Questão
I. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos	A1. Considera que utilização da metodologia EOAC motivou e despertou o interesse a aprender sobre a respiração celular.	G1A1	GI.1
	A2. Não considera que a utilização da metodologia EOAC motivou a aprender sobre a respiração celular.	G1A2	
	A3. Destaca os óculos VR como uma ferramenta motivadora.	G1A3	
	A4. Destaca a integração do cenário virtual e da simulação como um momento motivador.	G1A4	
	A5. Destaca a apresentação dos efeitos dos químicos na cadeia respiratória como um momento que motivou.	G1A5	GI. 2
	B1. Considera que o uso dos óculos VR como ferramenta para apresentação do caso promoveu um maior envolvimento	G1B1	
	B2. Não considera que o uso dos óculos VR como ferramenta para apresentação do caso promoveu um maior envolvimento	G1B2	
	B3. Descreve o uso dos óculos VR como promotor de motivação e empenho	G1B3	
II. Modelação como estratégia educativa	B4. Não descreve o uso dos óculos VR como promotor de motivação e empenho	G1B4	GII. 1
	A1. Considera que o uso de modelos virtuais ajudou ao melhor entendimento da cadeia respiratória	G2A1	
	A2. Não considera que o uso de modelos virtuais ajudou ao melhor entendimento da cadeia respiratória	G2A2	
	A3. Refere que o uso de modelos digitais permitiu uma melhor visualização dos processos celulares	G2A3	
	B1. Indica que o uso de modelos digitais reforça a motivação em aprender	G2B1	GII. 2
	B2. Aponta que os modelos virtuais permitem uma visualização mais dinâmica	G2B2	
	B3. Aponta que o uso de modelos pode não ser o mais adequado para alunos com daltonismo	G2B3	
	B4. Refere que o uso de modelos necessita de uma grande atenção do aluno para ser efetivo	G2B4	
III. Utilização de Tecnologias Digitais no Ensino	A1. Considera que o uso de tecnologias digitais promoveu um maior envolvimento no caso	G3A1	GIII. 1
	A2. Não considera que o uso de tecnologias digitais promoveu um maior envolvimento na aula	G3A2	
	A3. Considera que o uso de tecnologias digitais tornou a aula mais divertida e dinâmica	G3A3	
	A4. Refere que o uso de tecnologia promove uma maior autonomia no aluno	G3A4	
	B1. Refere que os recursos deveriam ser adaptados para alunos com necessidades educativas especiais	G3B1	GIII. 2

IV. Outros	B2. Refere que deveriam ser mais explorados as outras etapas da respiração celular	G3B2	Fora do guião
	B3. Não propõem qualquer alteração na sequência didática	G3B3	
	A1. Considera que o uso do trabalho colaborativo foi uma mais-valia	G4A1	
	A2. Refere que o trabalho colaborativo pode apresentar desvantagens	G4A2	
	A3. Valoriza o uso de tecnologias digitais em detrimento dos métodos tradicionais.	G4A3	

Tabela 7 - Categorização e codificação para a análise das respostas às entrevistas.

A análise das entrevistas apoiou-se na grelha de categorização e codificação elaborada a priori com base nos objetivos do estudo e ajustada a posteriori com as respostas efetivamente obtidas. As entrevistas foram gravadas em formato de áudio e transcritas integralmente e analisadas com recurso ao software NVivo.

4.5. Questões de ética

Ao realizar uma investigação, o investigador deve obter o consentimento informado de todos os seus participantes (ou de um representante, caso não seja possível obter do próprio). Consentimento informado é, então, definido como o procedimento onde os indivíduos escolhem fazer parte da investigação após terem sido informados naquilo que consistia e do que a sua participação exigirá. Desta forma, garante-se que todos os participantes assim o foram de forma informada e voluntária.

A investigação em educação envolve, muitas vezes, a participação de menores de idade, pelo que se considera que estes não apresentam a idade ou maturidade necessários para fornecer este consentimento informado. Assim, quando deparados com investigações onde os participantes são menores de idade, numa primeira fase, o investigador recorreu aos seus encarregados de educação, solicitando este consentimento, sendo qualquer objeção à participação dos seus educandos respeitada e não penalizada de qualquer forma. De seguida, procurou-se o assentimento por parte dos jovens, comprovando que estes aceitam participar da investigação de forma voluntária. Foi, também, garantido o total anonimato e confidencialidade dos dados obtidos. Adicionalmente, foi solicitado um parecer à Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto cuja apreciação foi favorável à aplicação da presente investigação (Referência: CE2024/p174).

5. Intervenção Pedagógica

Foi concebida uma IP com o objetivo de responder ao problema e aos objetivos de investigação definidos anteriormente. O presente capítulo inclui a planificação das aulas, os recursos didáticos utilizados ao longo da intervenção e uma descrição das principais atividades desenvolvidas em cada uma das aulas.

5.1. Planificação

A planificação e desenvolvimento de uma SD revela-se uma ferramenta essencial na preparação e estruturação das aulas a lecionar. Este momento, anterior à aula, permite ao docente organizar as aulas e definir objetivos específicos de aprendizagem a serem alcançados pelos alunos (Shen et al., 2007). Desta forma, o professor realiza uma previsão dos momentos da aula, define os temas a abordar, estratégias a implementar e instrumentos de avaliação a utilizar, bem como reunir/desenvolver os recursos didáticos necessários a atingir as finalidades da aula antecipadamente. De notar que a planificação didática não deve ser utilizada como uma prescrição, mas sim um guião que pode alterar o seu rumo no decorrer da aula. Nesta situação, o professor deve ser capaz de se adaptar a possíveis imprevisto e manter o fluxo da aula de modo a manter um ambiente educativo que promova a aprendizagem para todos os alunos (Mæland & Espeland, 2017). Assim, a realização de uma planificação didática promove a melhoria do processo educativo, dada a sua natureza de ponderação e reflexão sobre a prática educativa (Machost & Stains, 2023; Suphasri & Chinokul, 2021).

Foi realizada a planificação da sequência didática que integra este PI, onde foram definidos objetivos e finalidades e descritas todas as etapas das aulas lecionadas (Apêndice 1). A planificação foi realizada para 3 aulas, das quais uma tem duração de 125 minutos onde os alunos se encontram divididos em turnos (totalizando 250 minutos lecionados) e duas com a duração de 100 minutos onde os alunos se encontram juntos.

Foram utilizados diversos recursos educativos nestas aulas, como apresentações multimédia (Apêndice 2; Apêndice 3; Apêndice 4), um simulador virtual da plataforma *Labster* (disponível em: <https://www.labster.com/simulations/cellular-respiration-the-krebs-cycle-new>) juntamente com um guião de exploração do mesmo (Apêndice 5), um modelo digital da cadeia respiratória (disponível em: <https://skfb.ly/p99Rx>) e a sua respetiva legenda (Apêndice 6), diversos cenários virtuais utilizando a plataforma *Thinglink* acessíveis através dos óculos de realidade virtual Google *Cardboard*, fichas de segurança de diversos químicos (Apêndice 7) e respetivos vídeos sobre a sua ação

na cadeia respiratória. Estes recursos serão descritos em maior detalhe na caracterização das aulas aquando do seu uso em aula.

5.2. Caracterização das aulas

A primeira aula (Apêndice 1) foi dedicada à introdução da temática, à apresentação do caso e à exploração inicial do cenário virtual. A aula teve início com a realização de um quiz em grupo dinamizado através de uma apresentação multimédia (Apêndice 2) e apresentado como uma atividade de revisão de conteúdos de forma a levar os alunos a pensar que se tratava de aula tradicional. Durante a realização do quiz, uma voz interrompeu a atividade, introduzindo o caso a abordar: a morte súbita de um investigador em circunstâncias desconhecidas. Esta estratégia foi utilizada com o objetivo de gerar surpresa e captar a atenção dos alunos, motivando-os para resolver o caso. De seguida deu-se a aplicação do pré-teste, referida na aula como ficha de trabalho de forma a não gerar nervosismo e ansiedade nos alunos, com o objetivo de diagnosticar os seus conhecimentos prévios à aplicação da IP relativamente ao tema da respiração celular. Seguidamente, foi realizada a exploração do caso através de um cenário virtual criados na plataforma *Thinglink* que simulava um laboratório forense e era acessível a partir dos Google *Cardboard* – óculos de realidade virtual feitos de cartão reciclado que permitem aos usuários vivenciar uma experiência de realidade virtual por um baixo custo. Estes óculos, em conjunto com diferentes cenários virtuais, foram utilizados ao longo de toda a IP de forma a criar um maior grau de envolvimento e dinamismo no caso, permitindo que os alunos se sentissem imersos no mesmo.

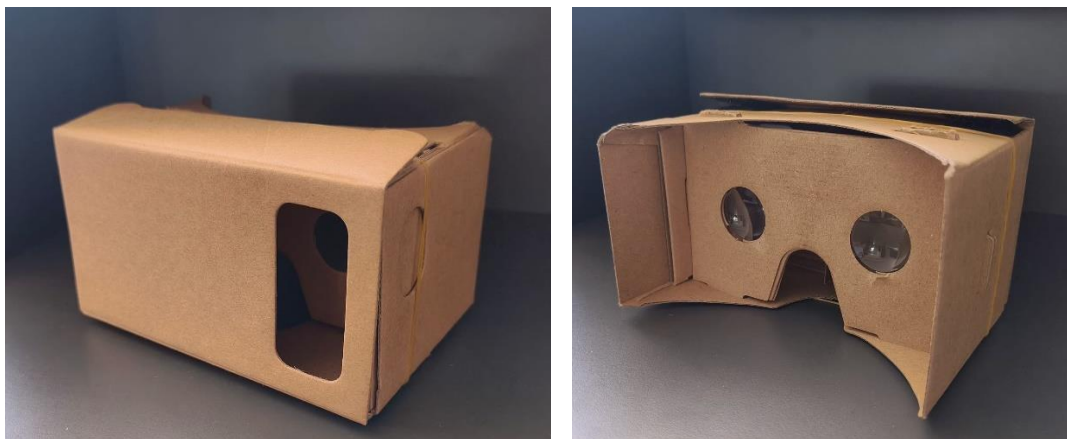


Figura 2 - Óculos Google Cardboard.



Figura 3 - Aluno a utilizar os Google Cardboard.



Figura 4 - Exemplo do cenário virtual desenvolvido através do Thinglink.

Durante esta exploração, os alunos tiveram acesso a informações iniciais do caso, como os sintomas observados na vítima e dados recolhidos a partir de uma análise preliminar do corpo. Com base nessas informações, os alunos foram desafiados a propor hipóteses para a causa de morte do investigador. Após uma breve discussão, os alunos propuseram que a morte do investigador se deveu à inalação de químicos que afetaram a sua respiração baseando-se em sintomas como as vias respiratórias danificadas e danos celulares nas mitocôndrias.

A segunda aula (Apêndice 1) teve início com a formação de grupos de três alunos e com a exploração de um novo cenário virtual criado na plataforma *Thinglink*, acedido novamente através dos *Google Cardboard*. Neste cenário, foi confirmada a hipótese anteriormente desenvolvida pelos alunos, que a vítima tinha inalado uma substância química que afetava o processo de respiração celular. De seguida, foi proposta uma atividade prática através da simulação *Cellular Respiration: The Krebs Cycle*, disponível na plataforma *Labster*. Esta plataforma disponibiliza uma variedade de laboratórios virtuais interativos, abrangendo diversas disciplinas como Biologia, Química e Física, que permitem aos alunos realizar experiências e simulações laboratoriais num ambiente digital seguro, realista e imersivo. Na simulação utilizada, os alunos exploraram o funcionamento do ciclo de Krebs, visualizando os compostos envolvidos, a sequência das reações e os compostos produzidos. Como a simulação se encontrava disponível apenas em inglês, foi fornecido aos alunos um guião de exploração (Apêndice 5) com o objetivo de ajudar na sua compreensão.



Figura 5 - Alunos a realizar a simulação Lasbter com auxílio do professor.

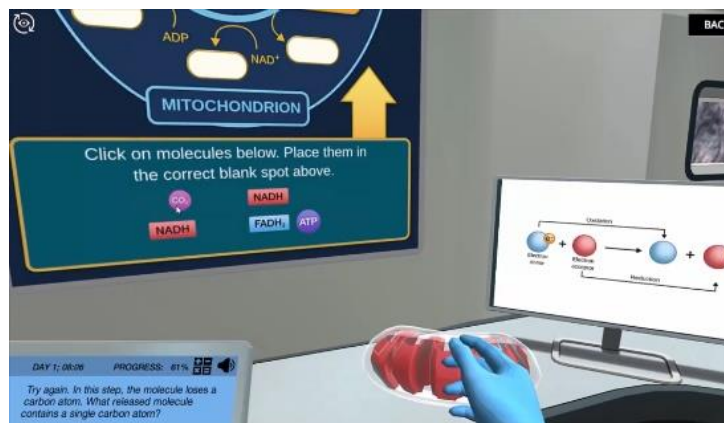


Figura 6 - Exemplo da simulação Labster.

No final da simulação, os alunos obtiveram uma palavra-passe que lhes permitiu desbloquear a entrada na última sala do cenário virtual, onde foram apresentados quatro compostos químicos, um dos quais era responsável pela morte do investigador. Posteriormente, os alunos analisaram um modelo virtual da cadeia transportadora de eletrões, desenvolvido no *Blender*, onde exploraram a estrutura e o funcionamento do sistema, preenchendo uma legenda do modelo (Apêndice 6) com os nomes dos compostos e estruturas representadas. A análise do modelo visava aprimorar o modelo mental dos alunos, bem como familiarizá-los com este modelo, visto que o seu entendimento seria importante na atividade seguinte.

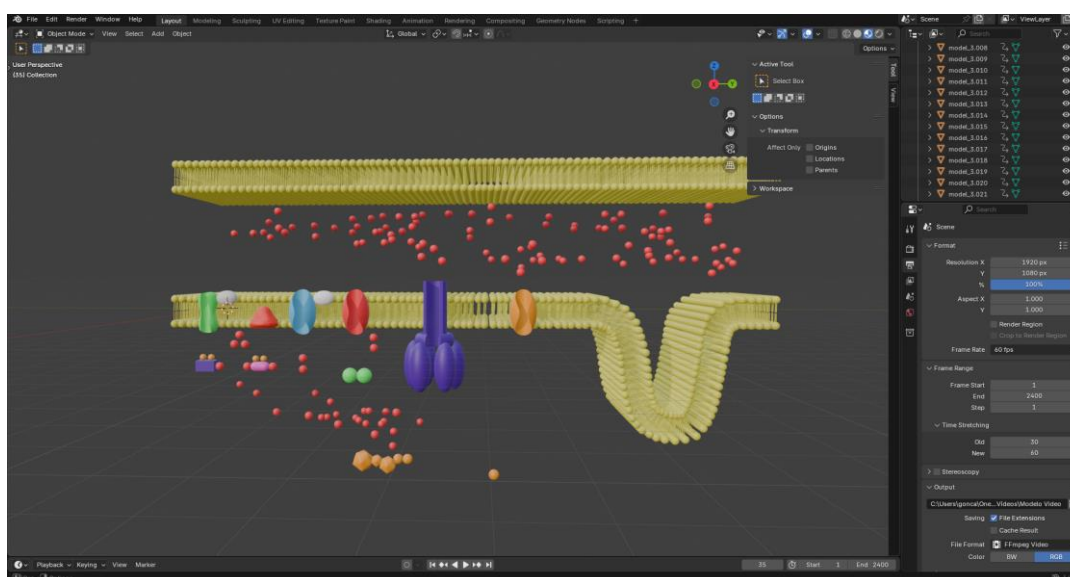
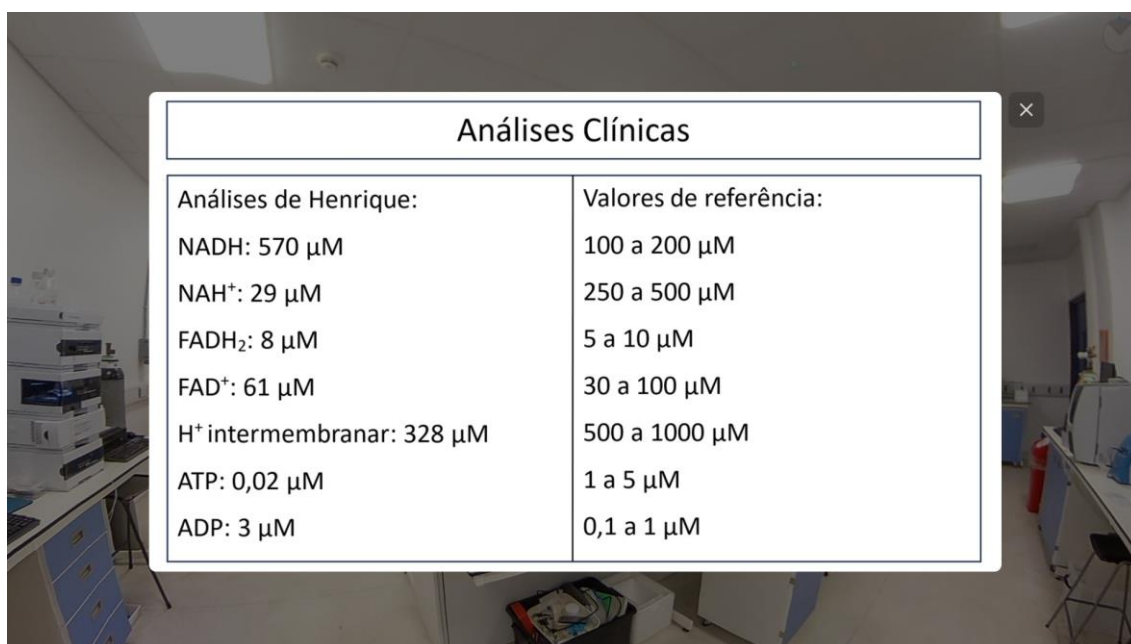


Figura 7 - Desenvolvimento do modelo através do *Blender*.

Para completar a investigação, foi entregue a cada grupo uma ficha de segurança (Apêndice 7) relativa a um dos quatro compostos químicos com informações sobre o próprio químico e sintomas típicos associados à sua inalação. Cada ficha incluía ainda um vídeo explicativo que ilustrava a ação da substância na cadeia respiratória, tendo por base o modelo virtual explorado anteriormente. No final da aula, cada grupo apresentou à turma o seu composto, os sintomas provocados e o respetivo mecanismo de atuação.

A terceira aula (Apêndice 1) teve início com a revisão dos quatro compostos químicos apresentados na sessão anterior, através de uma apresentação multimédia, de forma a relembrar e esclarecer dúvidas relativas ao seu modo de atuação. De seguida, os alunos exploraram um novo cenário virtual, onde tiveram acesso a análises moleculares realizadas à vítima. Estas análises incluíam dados sobre os níveis de ATP, NADH e outros marcadores celulares relevantes para o diagnóstico da causa da morte.



Análises Clínicas	
Análises de Henrique:	Valores de referência:
NADH: 570 μM	100 a 200 μM
NAH^+ : 29 μM	250 a 500 μM
FADH_2 : 8 μM	5 a 10 μM
FAD^+ : 61 μM	30 a 100 μM
H^+ intermembranar: 328 μM	500 a 1000 μM
ATP: 0,02 μM	1 a 5 μM
ADP: 3 μM	0,1 a 1 μM

Figura 8 - Dados moleculares utilizados e apresentados através do cenário virtual *Thinglink*.

A atividade proposta consistia em comparar os resultados dessas análises com os valores de referência e, relembrando o modo de atuação dos químicos estudados, concluir qual o agente químico havia sido responsável pela morte do investigador. No final da aula, foi aplicado o pós-teste com o objetivo de avaliar a evolução dos conhecimentos dos alunos após a IP, sendo também este tratado como uma ficha de trabalho pelos motivos anteriores.

6. Resultados e discussão

O presente capítulo destina-se à apresentação, tratamento e análise dos dados recolhidos durante a aplicação da IP. A análise dos dados foi realizada através de estatística descritiva e inferencial com recurso ao teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas e análise de conteúdo.

6.1. Teste Cognitivo

Através da análise da tabela 8, é possível comprovar uma generalidade de notas satisfatórias, situando-se a sua média nos 10,2 pontos. Contudo, em ambos os momentos de avaliação existiram discentes com valores inferiores a 10 valores, sendo que no pré-teste, nove discentes (n=9; 39,1%) obtiveram esta classificação, sendo a classificação mais baixa 0,0 valores, e no pós-teste, quatro discentes (n=4; 17,4%) obtiveram esta classificação, sendo o valor mais baixo 54 pontos.

	Classificação pré/pós-teste	
	Pré-teste (n=23)	Pós-teste (n=23)
Média	10,2	12,4
Desvio padrão	5,15	3,28
Mínimo	0,0	5,4
Máximo	16,5	16,9

Tabela 8 - Estatística descritiva das classificações obtidas no pré e pós-teste.

Atendendo à dimensão reduzida ($n < 30$) e à não garantia de aleatoriedade da amostra, recorreu-se a uma abordagem estatística não paramétrica utilizando o teste de Wilcoxon. Através deste teste foi possível concluir que o aumento detetado nas médias dos dois momentos avaliativos apresenta significância estatística ($Z = -2,237$; $p = 0,025$). Para além deste aumento, foi igualmente observada uma menor dispersão dos dados, evidenciada pela diminuição do desvio padrão no pós-teste, o que indica uma maior homogeneidade nos resultados e uma aproximação destes valores à média da turma média, destacando-se ainda a melhoria da classificação mais baixa.

Desempenho (%)	Pré-teste (n=23)	Pós-Teste (n=23)	Evolução
G1	58,4	71,6	13,2
G2	53,2	64,5	11,3
G3	41,7	50,9	9,2

Tabela 9 - Desemepenho dos alunos nos diferentes grupos do pré e pós-teste.

Analisando os resultados dos testes cognitivos por grupos, é notável uma evolução positiva no desempenho dos alunos. O Grupo 1 (G1), referente às questões sobre os mecanismos citoplasmáticos da respiração celular, apresenta o desempenho mais elevado quer no pré-teste (58,4%) quer no pós-teste (71,6%), registando também a maior evolução entre estes (13,2%). Por sua vez, o Grupo 3 (G3) foi o grupo onde os alunos apresentaram maior dificuldade, apresentando uma média de desempenho negativa no pré-teste (41,7%). Contudo, após a implementação da IP, esta média sofreu uma evolução de 9,2% que, apesar de ser a menor evolução registada de entre os grupos, permitiu que a média de desempenho do pós-teste se tornasse positiva (50,9%). Tendo em conta que a tarefa proposta exigia a representação das diferentes etapas da respiração celular através de um desenho, é compreensível que muitos alunos tenham revelado dificuldades, não necessariamente por desconhecimento do conteúdo, mas pela dificuldade associada à representação destes processos através de um desenho (Ainsworth, Prain & Tytler, 2011). Apesar do desenho representar uma ferramenta poderosa na avaliação de modelos mentais dos alunos (Quillin & Thomas, 2015), muitos revelam dificuldade na representação destes conceitos abstratos e invisíveis devido à falta de treino e competências artísticas (Locatelli, 2021). Estas dificuldades são ampliadas pela natureza da respiração celular, que envolve múltiplas etapas que ocorrem em localizações subcelulares, exigindo uma elevada coordenação entre o conhecimento conceptual e as capacidades de representação (Berry & Baker, 2010).

Para complementar a análise dos testes, foi também desenvolvida uma análise de conteúdo dos desenhos realizados pelos alunos, enquanto evidência dos seus modelos mentais sobre a respiração celular. Esta análise permitiu identificar alguns padrões de erros comuns. Um dos erros mais comuns foi a localização incorreta da formação da Acetil-CoA, presente tanto no pré-teste (n=12; 52,2%) (Figura 8) como no pós-teste (n=8; 34,8%), com vários a situarem esta etapa no citoplasma. Esta dificuldade pode estar relacionada com a forma como os alunos memorizam os processos celulares, de forma linear e descontextualizada do local onde ocorrem (van MIL et al., 2016). A respiração celular, por envolver várias etapas distribuídas por diferentes compartimentos subcelulares, exige que o aluno articule a sequência de etapas com a sua localização (Songer & Mintzes, 1994). Caso esta articulação seja falha, é comum que estes processos sejam agrupados num único local, como o citoplasma. Este erro torna-se mais evidente quando os conteúdos são lecionados com pouco apoio visual (Rahioui, Tahri Jouti & el Ghzaoui, 2025).

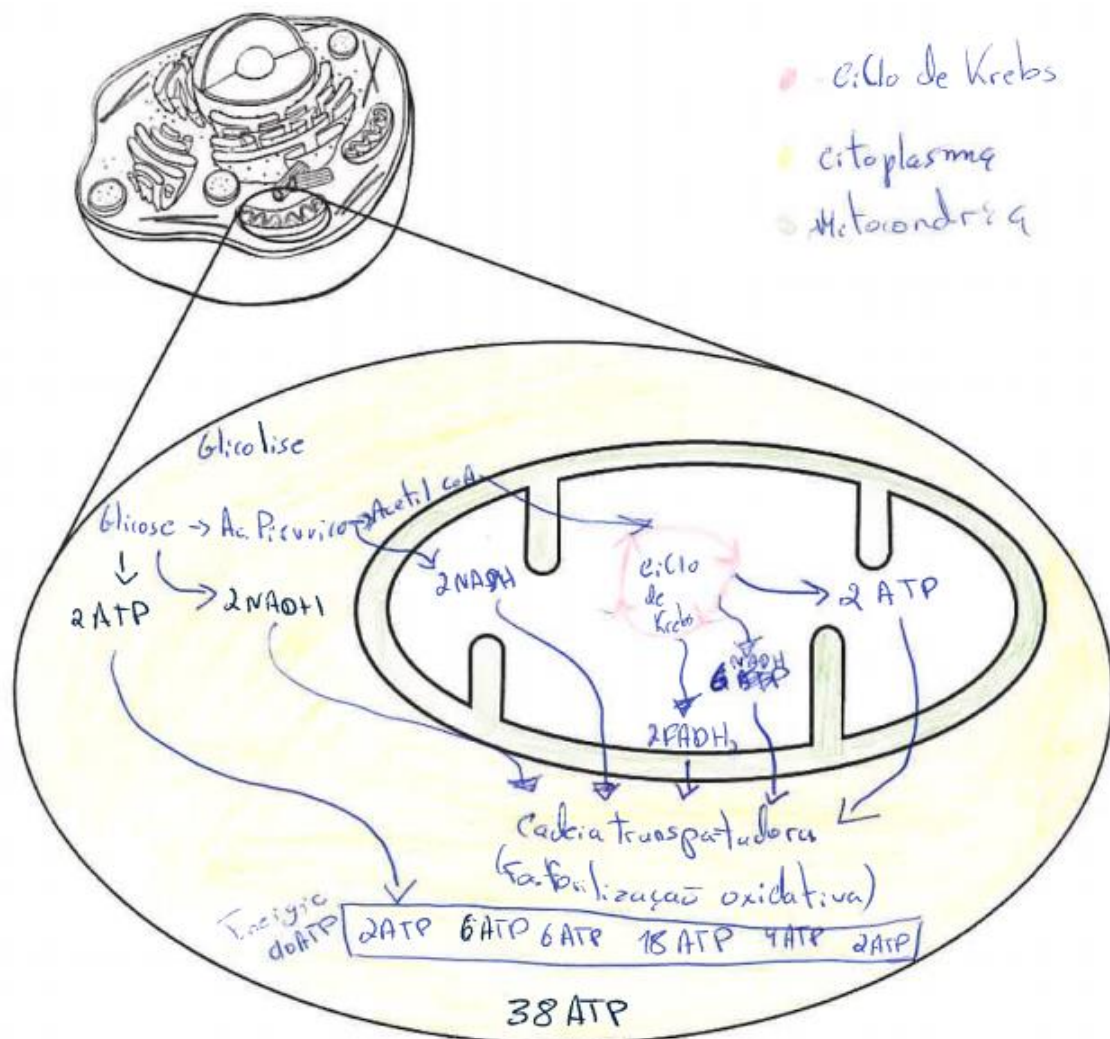


Figura 9 - Exemplo de desenho de pré-teste com erro na localização da formação de Acetil CoA (localizada no citoplasma), na localização da cadeia respiratória (localizada no citoplasma) e legenda.

À semelhança deste erro, também a cadeia respiratória foi incorretamente representada por vários alunos no pré-teste ($n=9$, 39,1%) (Figura 8), sendo o padrão de erro mais comum situá-la no citoplasma ($n=7$; 30,4%). Este padrão sugere que a dificuldade sentida na localização de etapas não se prende apenas com a formação do Acetil CoA, podendo ser generalizada a outras etapas bioquímicas e respetivos compartimentos celulares. No entanto, no pós-teste, foi possível observar uma melhoria na localização correta desta etapa (Figura 9), existindo quatro ($n=4$; 17,4%) alunos a posicioná-la incorretamente no citoplasma. Esta melhoria poderá estar associada à utilização de modelos virtuais durante a IP. O uso da modelação como estratégia de ensino promove uma melhor visualização dos processos celulares e uma melhor compreensão de como os diferentes componentes do sistema interagem entre si (Verhoeff, Jan & Boersma, 2008). O uso de modelos virtuais promove, para além destas, um novo grau de

dinamismo que leva não só à compreensão do funcionamento da respiração celular, mas também o desenvolvimento de raciocínio mecanístico onde o aluno não apenas memoriza qual a função da etapa, mas sim compreende os processos celulares inerentes à mesma (Bergan-Roller et al., 2017; Lucas, Tomáš & Dauer, 2022). Para além do seu valor conceptual, os modelos computacionais aumentam significativamente o interesse e o envolvimento dos alunos devido ao carácter interativo e visualmente apelativo tornando a aprendizagem mais ativa e motivadora (Whigham & Helikar, 2022).

No pré-teste, o ciclo de Krebs foi muitas vezes representado de forma excessivamente simplificada, com sete alunos (n=7; 30,4%) a omitir os principais compostos produzidos nesta etapa, tais como NADH, FADH₂ e CO₂. O ciclo de Krebs desempenha um papel central na respiração celular, especificamente produção de moléculas fundamentais para a continuidade do processo, como o NADH e FADH₂. A omissão destes compostos pode refletir uma compreensão superficial do ciclo, sendo visto apenas como uma sequência de reações e não como o mecanismo central do metabolismo energético da célula (Ameyaw, 2015; Ross, Tronson, & Ritchie. 2008).

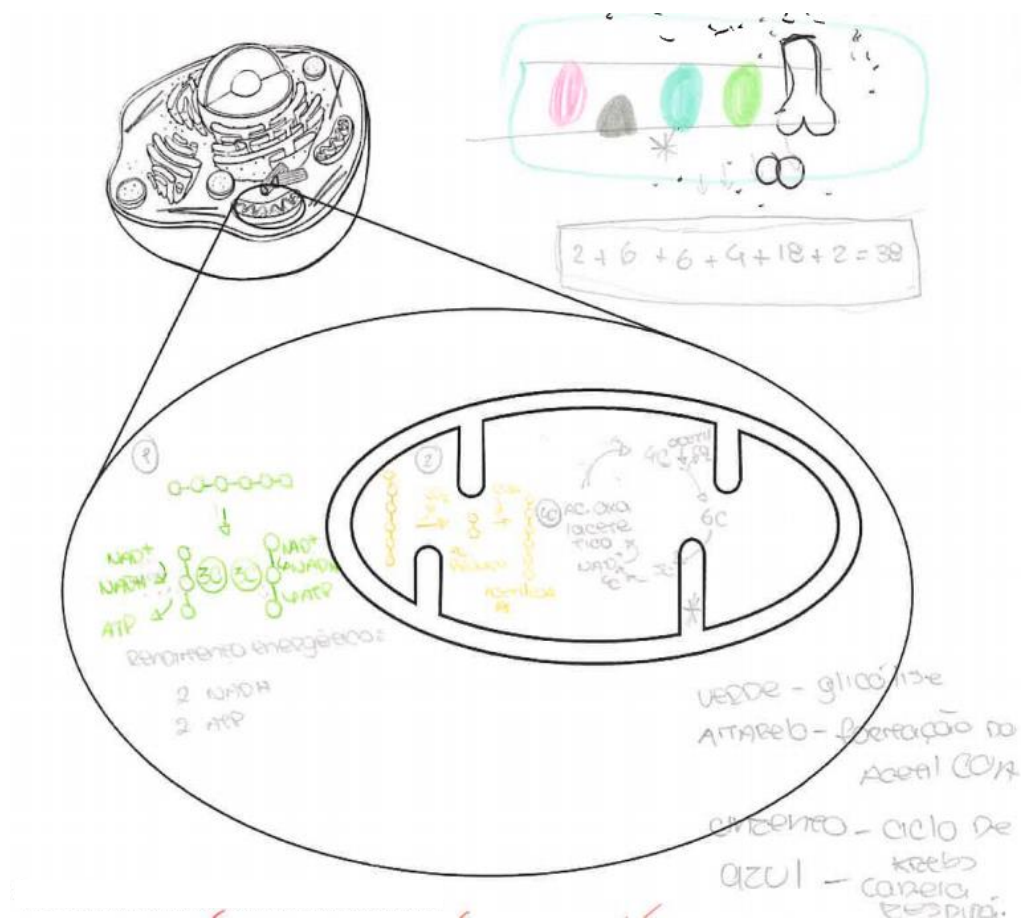


Figura 10 - Exemplo de desenho de pós-teste.

A evolução detetada nos diferentes momentos de avaliação, bem como a progressão na construção de modelos mentais dos processos associados à respiração celular indicam uma contribuição positiva da IP promovendo, para além de ganhos conceptuais, um maior envolvimento dos alunos na sua aprendizagem. A melhoria do desempenho entre o pré e o pós-teste, aliada à crescente complexidade e precisão das representações visuais produzidas, sugere que o EOAC integrado com estratégias como a modelação e simulação virtual teve um impacto positivo na aprendizagem dos conteúdos e desenvolvimento de competências, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos processos celulares e para o aumento do envolvimento e motivação dos alunos. Estes resultados dão, assim, resposta à questão de investigação, ao demonstrar que o uso do EOAC promoveu uma compreensão mais profunda dos Conteúdos abordados aeróbia, favorecendo também o envolvimento e motivação dos alunos ao longo da intervenção.

6.2. Entrevista

Para facilitar a análise dos resultados, estes foram organizados de acordo com as categorias, subcategorias e códigos previamente definidos e encontram-se na tabela 10

Categoria	Subcategoria	Código	n	%
I. Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos	A1	G1A1	5	83,3%
	A2	G1A2	0	0,0%
	A3	G1A3	4	66,7%
	A4	G1A4	2	33,3%
	A5	G1A5	1	16,7%
	B1	G1B1	6	100,0%
	B2	G1B2	0	0,0%
	B3	G1B3	5	83,3%
	B4	G1B4	0	0,0%
II. Modelação como estratégia educativa	A1	G2A1	4	66,7%
	A2	G2A2	1	16,7%
	A3	G2A3	4	66,7%
	B1	G2B1	2	33,3%
	B2	G2B2	4	66,7%
	B3	G2B3	1	16,7%
	B4	G2B4	1	16,7%
III. Utilização de Tecnologias Digitais no Ensino	A1	G3A1	5	83,3%
	A2	G3A2	0	0,0%
	A3	G3A3	5	83,3%

	A4	G3A4	1	16,7%
	B1	G3B1	2	33,3%
	B2	G3B2	1	16,7%
	B3	G3B3	5	83,3%
IV. Outros	A1	G4A1	1	16,7%
	A2	G4A2	2	33,3%
	A3	G4A3	4	66,7%

Tabela 10 - Frequência de respostas às questões do guião de entrevista.

Os resultados evidenciados na tabela anterior sugerem que a maioria dos alunos se sentiu motivada com a metodologia de ensino adotada (EOAC), tendo cinco dos seis entrevistados (n=5; 83,3%) afirmado que o caso apresentado os incentivou a aprender mais sobre a temática, tal como referido pelos alunos: EP1: “...faz com que nós tenhamos curiosidade em aprender mais sobre o assunto.” ; e EP4: “Acho que ter um caso foi fixe porque faz-nos pensar mais e até é divertido, descobrir a razão por que ele morreu”. Estas respostas são consistentes com a literatura, que aponta para o uso do EOAC no ensino das ciências promover a motivação e interesse dos alunos ao atribuir um propósito concreto à aprendizagem (Park & Yoo, 2015; Wijnia et al., 2024).

O uso dos óculos VR o recurso mais destacado (n=4; 66,7%). Todos os entrevistados (n=6; 100,0%) referiram que o uso deste recurso como ferramenta para apresentar o caso promoveu um maior envolvimento e imersão, despertando motivação e interesse em grande parte dos entrevistados (n=5; 83,3%), como são exemplos de respostas: [EP1] “...quando metemos os óculos, parecia que estávamos mesmo nessa cena de crime...” ; [EP5] “Sim, deixou muito mais dinâmico e tirou aquela parte de ficar lendo texto e fazendo coisas repetitivas.”; e [EP3] “Exatamente. Dá mais motivação para descobrir...”. O papel das tecnologias e, em específico, da realidade virtual no ensino tem sido amplamente investigado, com diversos estudos a apontar que estes recursos promovem um maior envolvimento emocional e cognitivo dos alunos ao aproximarmos desta nova realidade criada (Freina & Ott, 2015; Makransky & Lilleholt, 2018; Radianti et al., 2020).

No que diz respeito à modelação, quatro alunos (n=4; 66,7%) referiram que os modelos virtuais facilitaram a construção de modelos mentais e o consequente melhor entendimento dos processos celulares representados (Chauhan, Pandya & Mehra, 2024; Gurses et al., 2024), sendo o maior dinamismo promovido por estes destacado por quatro alunos (n=4, 66,7%) através de justificações como:

[EP6] “... Conseguimos perceber melhor como é que é cada fase, não só ouvir e imaginar por nós.”;

[EP5] “Sim, ajudou muito, porque quando tu vê o papel é uma imagem estática, não tem como ter o raciocínio de como funciona. Enquanto num vídeo tu consegues perceber onde que vai o tal, o outro sistema e gera... Tornou-o algo mais visual e mais... mais dinâmico.”

As desvantagens apontadas referem-se à adaptação dos modelos para alunos com daltonismo (n=1; 16,7%) e à grande necessidade de atenção por parte do aluno aquando da interpretação do modelo (n=1; 16,7%). Quanto à utilização de tecnologias digitais, cinco alunos (n=5; 83,3%) afirmaram que estas contribuíram para aumentar o seu envolvimento e tornar a aula mais divertida e dinâmica, como explorado em Haleem et al. (2022) e Timotheou et al. (2022), referindo: [EP5] “Acho que promoveu um grande envolvimento porque as pessoas já estão mais ou menos habituadas a isso. E acho que elas gostam mais de estar no computador fazer trabalhos do que estar no quadro.”.

Foi também referido (n=1; 16,7%) que o trabalho cooperativo teve um papel importante no desenvolvimento da atividade, porém podendo também ser uma desvantagem à realização desta (n=2; 33,3%). Finalmente, quatro alunos (n=4; 66,7%) destacaram a preferência pelo uso de tecnologias digitais em detrimento dos métodos tradicionais, referindo que estas tornaram a aprendizagem mais dinâmica e apelativa para jovens (Kandukoori, Kandukoori & Wajid, 2024), expondo:

[EP3] “Uma das vantagens é que depois, ao vermos acontecer, conseguimos visualizar melhor do que no papel”;

[EP5] “Sim, deixou muito mais dinâmico e tirou aquela parte de ficar lendo texto e fazendo coisas repetitivas.”

[EP6] “Eu acho que todos os alunos quiseram ver, pensar, ler. Toda a gente queria ver aquilo porque é uma coisa nova. Não costumamos usar aquelas tecnologias. É muito melhor usar aquilo [óculos VR], já agora, por causa das novas tecnologias, do que estar sempre agarrado a um livro.”

[EP6] “... Cada um de nós acho que prefere a tecnologia, é muito melhor que estar ali sentada na sala a escrever. Agora que é tudo a tecnologias, basicamente. Acho que chama mais os alunos a estar ali a tentar perceber.”

De forma geral, as entrevistas evidenciam uma valorização clara do uso de tecnologias digitais em contexto educativo em detrimento dos métodos tradicionais, destacando que os alunos se sentem mais motivados e envolvidos nas atividades propostas graças ao dinamismo que as tecnologias possibilitam, promovendo aulas mais apelativas e uma melhor aprendizagem, para além desenvolverem competências digitais necessárias no séc.XXI.

7. Conclusões

No presente capítulo serão apresentadas as conclusões decorrentes do estudo realizado, juntamente com as limitações enfrentadas e sugestões para futuras investigações. Por fim, serão discutidos os contributos que este trabalho forneceu para o desenvolvimento profissional do autor do relatório de estágio.

7.1. Considerações finais

O presente estudo evidencia que a implementação de uma IP baseada no Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC), aliada à utilização de tecnologias digitais e estratégias como a modelação e simulação virtual, promoveu um impacto positivo na aprendizagem dos conteúdos relacionados com a temática escolhida, a respiração celular. Os resultados do teste cognitivo revelaram um aumento estatisticamente significativo nas classificações dos alunos entre o pré e o pós-teste, indicando um impacto positivo da IP na mobilização do conhecimento científico.

As entrevistas evidenciaram ainda que os alunos valorizam o uso de tecnologias digitais em detrimento dos métodos tradicionais, referindo um maior envolvimento, motivação e clareza na compreensão dos conteúdos. A utilização de simuladores e modelos digitais contribuiu para colmatar a natureza abstrata da respiração aeróbia, facilitando a construção de modelos mentais sobre os processos celulares envolvidos.

Conclui-se que a metodologia e estratégias adotadas foram eficazes na promoção de aprendizagem e envolvimento dos alunos revelando-se especialmente eficaz em conteúdos complexos e abstratos como os da biologia celular.

7.2. Limitações e perspetivas futuras

Apesar dos resultados obtidos sugerirem um impacto positivo da intervenção pedagógica na aprendizagem dos alunos, é importante reconhecer um conjunto de limitações que condicionaram o alcance e a generalização das conclusões deste estudo.

A investigação, ocorrendo num contexto de IPP-PES, limita o estudo a um único ciclo de IA, impossibilitando a reformulação e reaplicação da IP baseado nas reflexões dos resultados obtido. Também derivado deste contexto, a amostra trata-se de uma amostra de conveniência limitada a uma única turma do 10º. ano de uma determinada escola na zona metropolitana do Porto, limitando a amostra em termos de dimensão e aleatoriedade e impedindo a generalização dos dados adquiridos.

Para além desta, uma das maiores limitações sentidas relaciona-se com a necessidade de cumprimento das metas curriculares estabelecidas nas AEs, limitando o tempo dedicado à implementação da IP. Outro fator relevante prende-se com o facto de os alunos nunca terem contactado com a metodologia de EOAC, o que exigiu um tempo adicional para adaptação e orientação dos discentes.

A partir da IP realizada, podem ser sugeridas novas linhas de investigação com características semelhantes. Seria interessante a aplicação desta intervenção a outras turmas de diferentes anos ou contextos socioculturais, nomeadamente com alunos que apresentem níveis distintos de aproveitamento escolar ou familiaridade com tecnologias digitais. Ao mesmo tempo, a implementação da mesma IP a um maior número de estudantes, bem como a diferentes escolas poderia enriquecer significativamente a diversidade e profundidade dos dados e, consequentemente, das conclusões retiradas. Seria também particularmente interessante explorar a aplicação destas estratégias em outras temáticas curriculares complexas e abstratas.

7.3. Contributos para o desenvolvimento profissional

A realização desta investigação, enquadrada na etapa final da formação inicial como professor estagiário, constituiu uma oportunidade fundamental para o desenvolvimento de competências profissionais enquanto futuro docente de Biologia e Geologia.

Primeiramente, a planificação e implementação da IP baseada no EOAC integrado com modelação e simulação digital permitiu o desenvolvimento de competências práticas na integração desta metodologia e estratégias no ensino das ciências, traduzindo-se no desenvolvimento de aulas mais dinâmicas e centradas no aluno, potenciando uma aprendizagem ativa e o desenvolvimento de competências essenciais a um cidadão de uma sociedade do século XXI. O envolvimento neste processo de ensino participativo e reflexivo fomentou a minha autonomia profissional através de uma constante reflexão crítica sobre as práticas implementadas, promovendo o crescimento enquanto professor-investigador.

Por outro lado, esta investigação possibilitou o aprimoramento de competências no domínio da investigação em educação em ciências graças ao contacto com diversos momentos inerentes a esta prática, desde a formulação das questões de investigação, definição dos instrumentos de recolha de dados, análise estatística e interpretação dos resultados. Todos estes momentos permitiram-me compreender melhor o valor da investigação em ciências na transformação da prática educativa.

Em síntese, este percurso fortaleceu a identidade profissional do estudante, capacitando-o com competências para planear e conduzir práticas letivas inovadoras e adaptadas aos desafios do ensino das ciências no século XXI.

Referências bibliográficas

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333(6046), 1096-1097. <https://doi.org/doi:10.1126/science.1204153>
- Akin-Sabuncu, S., Calık, B., & Engin, C. (2017). Students as Change Agents in the Community: Developing Active Citizenship at Schools. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 17, 809-834. <https://doi.org/10.12738/estp.2017.3.0176>
- Ameyaw, Y. (2015). Learning Cycle Approach (lca) for Effective Teaching and Learning of Glycolysis and the Krebs Cycle. *International Journal of Sciences*, 1, 18-26. <https://doi.org/10.18483/ijSci.708>
- Ardila, C. M., González-Arroyave, D., & Zuluaga-Gómez, M. (2023). Efficacy of three-dimensional models for medical education: A systematic scoping review of randomized clinical trials. *Heliyon*, 9(2), e13395. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13395>
- Ayu Dewi, C., & Rahayu, S. (2024). Implementation of case-based learning in science education: A systematic review. *Journal of Turkish Science Education*, 20, 729-749. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.041>
- Baines, A. T., McVey, M., Rybarczyk, B., Thompson, J. T., & Wilkins, H. R. (2004). Mystery of the Toxic Flea Dip: An Interactive Approach to Teaching Aerobic Cellular Respiration. *Cell Biology Education*, 3(1), 62-68. <https://doi.org/10.1187/cbe.03-06-0022>
- Beck, S., Mahdad, M., Beukel, K., & Poetz, M. (2019). The Value of Scientific Knowledge Dissemination for Scientists—A Value Capture Perspective. *Publications*, 7(3), 54. <https://www.mdpi.com/2304-6775/7/3/54>
- Bergan-Roller, H., Galt, N., Dauer, J., & Helikar, T. (2017). Discovering Cellular Respiration with Computational Modeling and Simulations. *CourseSource*, 4. <https://doi.org/10.24918/cs.2017.10>
- Berry, C., & Baker, M. D. (2010). Inside protein structures: Teaching in three dimensions. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 38(6), 425-429. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bmb.20434>
- Brackett, S. N. (2024). *Examining barriers to technology integration practices of K-12 teachers*. Walden University.
- Chauhan, P., Pandya, A., & Mehra, S. (2024). Randomised controlled trial: role of virtual interactive 3-dimensional models in anatomical and medical education. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 47, 39-45. <https://doi.org/10.1080/17453054.2024.2352404>
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 90. <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>

- Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research methods in education. In *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Coutinho, C. P. (2023). Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática (2.ª ed., reimpressão 2024). Almedina.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*, 13(2), 355-379.
- Daher, A., Singh, H., & Kutty, M. (2017). Differentiating case-based learning from problem-based learning after a two-day introductory workshop on case-based learning. *Australasian Medical Journal*, 10. <https://doi.org/10.21767/AMJ.2017.3142>
- Dam, M., Ottenhof, K., Boxtel, C., & Janssen, F. (2019). Understanding Cellular Respiration through Simulation Using Lego® as a Concrete Dynamic Model. *Education Sciences*, 9, 72. <https://doi.org/10.3390/educsci9020072>
- Dias-Trindade, S., Gomes Ferreira, A., & António Moreira, J. (2021). Panorâmica sobre a história da Tecnologia na Educação na era pré-digital: a lenta evolução tecnológica nas escolas portuguesas desde finais do século XIX até ao início do ensino computadorizado. *Práxis Educativa*, 16(0), 1-20. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.16.17294.044>
- Dinç, E. (2019). Prospective Teachers' Perceptions of Barriers to Technology Integration in Education. 10, 381-398. <https://doi.org/10.30935/cet.634187>
- Djalilova Zarnigor, O. (2023). The Art of Questioning: Enhancing Critical Thinking Through Effective Pedagogical Techniques. *International Journal of Literature And Languages*, 3(11), 54-60. <https://doi.org/10.37547/ijll/Volume03Issue11-08>
- Elendu, C., Amaechi, D. C., Okatta, A. U., Amaechi, E. C., Elendu, T. C., Ezech, C. P., & Elendu, I. D. (2024). The impact of simulation-based training in medical education: A review. *Medicine*, 103(27), e38813. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000038813>
- Erickson, M. G., Marks, D., & Karcher, E. (2020). Characterizing student engagement with hands-on, problem-based, and lecture activities in an introductory college course. *Teaching & Learning Inquiry*, 8, 138-153. <https://doi.org/10.20343/teachlearninq.8.1.10>
- Fadzil, F., & Mahmud, S. (2020). The Effect of the Cellular Respiration Project-Based Learning Module on Matriculation Students' Achievement. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v10-i1/6810>
- Freina, L., & Ott, M. (2015). *A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives*. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020>

- Gay, L., Mills, G., & Airasian, P. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (10ª ed.). New Jersey: Pearson.
- Gray, R., Campbell, T., & Sampson, V. (2022). *Model-based inquiry in biology: Three-dimensional Instructional Units for Grades 9-12*. National Science Teaching Association.
- Gurses, M., Ivan, M., Cohen-Gadol, A., Gökalp, E., Türe, U., Gungor, A., Komotar, R., Geçici, N. N., & Berker, M. (2024). Creating a neuroanatomy education model with augmented reality and virtual reality simulations of white matter tracts. *Journal of neurosurgery*, 1-10. <https://doi.org/10.3171/2024.2.JNS2486>
- Haleem, P. A., Javaid, M., Qadri, P. M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the Role of Digital Technologies in Education: A review. *Sustainable Operations and Computers*. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Harvard University Press.
- Kadhim, M. J. (2024). Digital Literacy and Its Importance in the Modern Workforce. *International Journal of Social Trends*, 2(2), 44-50.
- Kandukoori, A., Kandukoori, A., & Wajid, F. (2024). Comparative Analysis of Digital Tools and Traditional Teaching Methods in Educational Effectiveness. *ArXiv*, *abs/2408.06689*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.06689>
- Kang, J., & Keinonen, T. (2018). The Effect of Student-Centered Approaches on Students' Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. *Research in Science Education*, 48(4), 865-885. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9590-2>
- Locatelli, S. (2021). Drawings to learn science: some reflections. *Problems of Education in the 21st Century*, 79, 192-193. <https://doi.org/10.33225/pec/21.79.192>
- Lucas, L., Tomáš, H., & Dauer, J. (2022). Revision as an essential step in modeling to support predicting, observing, and explaining cellular respiration system dynamics. *International Journal of Science Education*, 44(13), 2152-2179. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2114815>
- Machost, H., & Stains, M. (2023). Reflective Practices in Education: A Primer for Practitioners. *CBE—Life Sciences Education*, 22(2), es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.22-07-0148>
- Mæland, K., & Espeland, M. (2017). Teachers' Conceptions of Improvisation in Teaching: Inherent Human Quality or a Professional Teaching Skill? *Education Inquiry*, 8(3), 192-208. <https://doi.org/10.1080/20004508.2017.1293314>
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>

- Maloney, S., & Haines, T. (2016). Issues of cost-benefit and cost-effectiveness for simulation in health professions education. *Advances in Simulation*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s41077-016-0020-3>
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Camilo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, M., Nery, R. & Rodrigues, S. (2017) Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. Ministério da Educação, Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/k3mmyr8d>
- Mostert, M. (2007). Challenges of Case-Based Teaching. *The Behavior Analyst Today*, 8, 434-442. <https://doi.org/10.1037/h0100632>
- Park, H.-R., & Yoo, M. (2015). Effects of case-based learning on communication skills, problem-solving ability, and learning motivation in nursing students. *Nursing & health sciences*, 17 2, 166-172. <https://doi.org/10.1111/nhs.12151>
- Patro, E. T. (2008). Teaching Aerobic Cell Respiration Using the 5 Es. *The American Biology Teacher*, 70(2), 85-87. <https://doi.org/10.2307/30163209>
- Potvin, P., Hasni, A., & Sy, O. (2017). Using Inquiry-Based Interventions to Improve Secondary Students' Interest in Science and Technology. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 262-270. <https://doi.org/10.30935/scimath/9510>
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rahioui, F., Tahri Jouti, M. A., & el Ghzaoui, M. (2025). Study and Analysis of Students' Representations Regarding the Concept of Cellular Respiration. *WSEAS TRANSACTIONS ON BIOLOGY AND BIOMEDICINE*, 22, 169-180. <https://doi.org/10.37394/23208.2025.22.18>
- Rhodes, A., Wilson, A., & Rozell, T. (2020). Value of Case-Based Learning within STEM Courses: Is It the Method or Is It the Student? *CBE—Life Sciences Education*, 19(3), ar44. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-10-0200>
- Rice, S. C. (2013). Using Interactive Animations to Enhance Teaching, Learning, and Retention of Respiration Pathway Concepts in Face-to-Face and Online High School, Undergraduate, and Continuing Education Learning Environments. *J Microbiol Biol Educ*, 14(1), 113-115. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v14i1.509>
- Ross, P. M., Tronson, D. A., & Ritchie, R. J. (2008). Increasing Conceptual Understanding of Glycolysis & the Krebs Cycle Using Role-Play. *The American Biology*

Teacher, 70(3), 163-168, 166. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2008\)70\[163:ICUOGT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2008)70[163:ICUOGT]2.0.CO;2)

- Rybarczyk, B. J., Baines, A. T., McVey, M., Thompson, J. T., & Wilkins, H. (2007). A case-based approach increases student learning outcomes and comprehension of cellular respiration concepts. *Biochem Mol Biol Educ*, 35(3), 181-186. <https://doi.org/10.1002/bmb.40>
- Saleem, M., & Khan, Z. (2023). Healthcare Simulation: An effective way of learning in health care. *Pak J Med Sci*, 39(4), 1185-1190. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.4.7145>
- Schechter, R., Chase, P., & Shivaram, A. (2023). *Virtual Lab Implementation Model Predicts STEM Future Plans: Insights from Contemporary Science Courses in Higher Education*. LXD Research Labster.
- Seshan, V., Matua, G. A., Raghavan, D., Arulappan, J., Al Hashmi, I., Roach, E. J., Sunderraj, S. E., & Prince, E. J. (2021). Case Study Analysis as an Effective Teaching Strategy: Perceptions of Undergraduate Nursing Students From a Middle Eastern Country. *SAGE Open Nurs*, 7, 23779608211059265. <https://doi.org/10.1177/23779608211059265>
- Shen, J., Poppink, S., Cui, Y., & Fan, G. (2007). Lesson planning: A practice of professional responsibility and development. *Educational Horizons*, 85(4), 248-258.
- Songer, C. J., & Mintzes, J. J. (1994). Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual change in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 621-637. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.3660310605>
- Suphasri, P., & Chinokul, S. (2021). Reflective Practice in Teacher Education: Issues, Challenges, and Considerations. *PASAA: Journal of Language Teaching and Learning in Thailand*, 62, 236-264.
- Teplá, M., Teplý, P., & Šmejkal, P. (2022). Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00382-8>
- Thisgaard, M., & Makransky, G. (2017). Virtual Learning Simulations in High School: Effects on Cognitive and Non-cognitive Outcomes and Implications on the Development of STEM Academic and Career Choice. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00805>
- Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., Monés, A. M., & Ioannou, A. (2022). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28, 6695-6726. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>
- Ulvik, M., Eide, H. M. K., Eide, L., Helleve, I., Jensen, V. S., Ludvigsen, K., Roness, D., & Torjussen, L. P. S. (2022). Teacher educators reflecting on case-based teaching – a

- collective self-study. *Professional Development in Education*, 48(4), 657-671.
<https://doi.org/10.1080/19415257.2020.1712615>
- Valeeva, R., Gulnara, B., Lesev, V., Mikhailenko, O., Skudareva, G., & Valentovinis, A. (2023). Exploring the impact of modeling in science education: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19, em2284.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/13268>
- van MIL, M. H. W., POSTMA, P. A., BOERWINKEL, D. J., KLAASSEN, K., & WAARLO, A. J. (2016). Molecular Mechanistic Reasoning: Toward Bridging the Gap Between the Molecular and Cellular Levels in Life Science Education. *Science Education*, 100(3), 517-585. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21215>
- Vasconcelos, C., Faria, J., & Cardoso, A. (2017). Sustainability and case-based methodology. *WISE Handbook*, 28.
- Vedi, N., & Dulloo, P. (2021). Students' perception and learning on case based teaching in anatomy and physiology: An e-learning approach. *J Adv Med Educ Prof*, 9(1), 8-17.
<https://doi.org/10.30476/jamp.2020.87332.1304>
- Verhoeff, R. P., Jan, W. A., & Boersma, K. T. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543-568. <https://doi.org/10.1080/09500690701237780>
- Vrana, R. (2016). *Digital Literacy as a Boost Factor in Employability of Students* (Vol. 676).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-52162-6_17
- Vries, L., & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians—motivation and study intensity. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47. <https://doi.org/10.1002/bmb.21221>
- Whigham, E., & Helikar, T. (2022). *Leveraging computational modeling as a tool to understand cellular respiration in introductory biology and beyond*. In E. Boone & S. Thuecks (Eds.), *Advances in biology laboratory education* (Vol. 42, Article 16).
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L., Rikers, R., & Loyens, S. (2024). The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students' Motivation: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Yan, Y., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2023). Case-Based Learning: Consider and Reflect Teaching Practices through Teacher Moments. *TechTrends*, 67(6), 903-917.
<https://doi.org/10.1007/s11528-023-00902-5>
- Zare, P., & Mukundan, J. (2015). The use of Socratic method as a teaching/learning tool to develop students' critical thinking: A review of Literature. *Language in India*, 15(6), 256-265.

Apêndice 1 – Planificação das aulas

Disciplina	Biologia e Geologia
Ano, turma	10.º ano, turma X

Planificação de Aula

Número de aulas	3 aulas
Minutos	275 min.

Professor: Gonçalo Serra

Data: 06/02/2025, 11/02/2025 e 12/02/2025

Contextualização curricular Domínio: Transformação e utilização de energia pelos seres vivos	
Aprendizagens Essenciais Transversais	Aprendizagens Essenciais Específicas
- Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos. - Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).	- Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, láctica) e respiração aeróbia (balanço energético, natureza dos produtos finais, equação geral e glicólise como etapa comum), mobilizando conhecimentos de Química (processos exoenergéticos e endoenergéticos). - Relacionar a ultraestrutura de células procarióticas e eucarióticas (mitocôndria) com as etapas da fermentação e respiração.
Competências	Descritores
- Pensamento crítico e criativo; - Raciocínio e resolução de problemas; - Saber científico técnico e tecnológico; - Relacionamento interpessoal;	C, D, E, G, I
Campo conceptual	Respiração aeróbia, Ciclo de Krebs, Cadeia Transportadora de Eletrões, EOAC, Modelação, Simulação, Tecnologias
Metodologia de Ensino	Ensino Orientado para a Aprendizagem por Casos (EOAC)
Finalidade(s)	Explorar o impacto do uso do EOAC integrado com tecnologias digitais e modelação no ensino da respiração celular, promovendo uma aprendizagem ativa e o desenvolvimento de conhecimentos e competências científicas.

Núcleo de estágio do grupo 520 – Biologia e Geologia | Professor Gonçalo Serra

1

Aula 1 (100 min.) – Turma completa				
Sumário	Realização de um quiz em grupo sobre a respiração celular. Início do estudo de um caso sobre a respiração celular.			
Desenvolvimento da Aula 1 (100 min.)				
Professor		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Realização de um quiz em grupo sobre a respiração celular (25 min).	• Trabalho prático. • Trabalho colaborativo. • Questionamento.	• Apresentação multimédia. • Folha de resposta	• Aplicar e consolidar conhecimentos sobre a respiração celular.	• Registo das respostas numa folha de resposta.
2. Realização de uma ficha de trabalho (pré-teste) (30 min)	• Trabalho prático.	• Ficha de Trabalho.	• Aplicar e consolidar conhecimentos sobre a respiração celular.	• Resolução da ficha de trabalho.
3. Introdução e desenvolvimento do caso a tratar (45 min)	• Trabalho prático. • Trabalho colaborativo. • Questionamento.	• Apresentação multimédia. • Cenário virtual (Thinglink). • Óculos Google Cardboard.	• Aplicar e consolidar conhecimentos sobre a respiração celular.	• Interpretar dados apresentados e elaborar hipóteses prévias para a resolução do caso.
Avaliação das aprendizagens Aula 1 (100 min.)				
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens		Observações/TPC
Formativa	• Grelha de Observação. • Pré-teste	• Competências (conhecimentos, capacidades e atitudes): Pensamento crítico, saber científico, relacionamento interpessoal.		

Núcleo de estágio do grupo 520 – Biologia e Geologia | Professor Gonçalo Serra

2

Aula 2 (125 min.) – Turma dividida em turnos	
Sumário	Desenvolvimento do caso iniciado na aula anterior.

Desenvolvimento da Aula 2 (125 min.)				
Professor		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Realização de uma simulação virtual relativa ao Ciclo de Krebs (50 min).	- Trabalho prático - Trabalho colaborativo - Simulação	- Simulação virtual <i>Labster</i> - Computadores	Compreender as etapas do ciclo de Krebs e sua importância na respiração celular.	- Explorar a simulação. - Resolver os desafios propostos.
2. Análise e legenda de um modelo digital 3D representativo da cadeia respiratória (25 min).	- Trabalho prático - Modelação - Questionamento	- Modelo digital 3D - Ficha com legenda	Identificar e descrever as estruturas da cadeia respiratória e sua função na produção de ATP.	- Analisar o modelo digital 3D. - Completar a ficha de legenda. - Discutir a função das diferentes estruturas na respiração celular.
3. Análise dos efeitos de diferentes químicos na cadeia respiratória (50 min).	- Trabalho prático - Trabalho colaborativo - Modelação - Questionamento	- Modelos digitais 3D - Animações 3D - Óculos Google <i>Cardboard</i>	Avaliar o impacto de substâncias químicas na eficiência da cadeia respiratória.	- Explorar modelos e animações 3D. - Relacionar os efeitos das substâncias com os processos celulares. - Apresentar à turma o efeito da substância química do respetivo grupo.

Avaliação das aprendizagens Aula 2 (125 min.)			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	Grelha de Observação.	Competências (conhecimentos, capacidades e atitudes): Pensamento crítico, saber científico, relacionamento interpessoal	

Aula 3 (100 min.) – Turma completa	
Sumário	Conclusão do caso em estudo. Realização de uma ficha de trabalho.

Desenvolvimento da Aula 3 (60 min.)				
Professor		Alunos(as)		
Procedimento	Estratégia(s) de ensino	Recursos/materiais educativos	Objetivos da Aprendizagem	Trabalho/tarefas do aluno
1. Avaliação de análises moleculares e correlação destas aos efeitos dos químicos estudados na aula anterior (70 min).	- Trabalho prático - Questionamento	- Cenário virtual (<i>Thinglink</i>) - Óculos Google <i>Cardboard</i>	Relacionar as análises moleculares com os efeitos das substâncias químicas na cadeia respiratória.	Analisar os dados das análises moleculares e correlacioná-los com os efeitos dos químicos na respiração celular.
2. Realização de uma ficha de trabalho (pós-teste) (30 min).	Trabalho prático	Ficha de trabalho	Aplicar e consolidar conhecimentos sobre a respiração celular.	Resolução da ficha de trabalho.

Avaliação das aprendizagens Aula 3 (60 min.)			
Tipologia de avaliação	Instrumento de avaliação	Indicadores das aprendizagens	Observações/TPC
Formativa	- Grelha de Observação. - Pós-teste	Competências (conhecimentos, capacidades e atitudes): Pensamento crítico, saber científico, relacionamento interpessoal.	

Apêndice 2 – Apresentação Aula 1

Ficha de trabalho para recolha de dados

Tempo: 25 minutos

NEXT

Sigam este
código QR
para
continuarem



Quiz em Grupo

Em cada pergunta terão 1 minuto para
discutir qual a resposta certa de entre as
alternativas apresentadas.

Devem então escrever a alternativa
escolhida numa folha de resposta entregue.

START

1 minuto

1. Qual é a equação geral da respiração aeróbia?

NEXT

- a) Glicose + Água → Dióxido de Carbono + Oxigénio + Energia
- b) Glicose + Oxigénio → Dióxido de Carbono + Água + Energia
- c) Dióxido de Carbono + Água → Glicose + Oxigénio + Energia
- d) Glicose → Ácido Láctico + Energia

1 minuto

2. O que acontece à molécula de glicose durante a glicólise e onde ocorre esta etapa?

NEXT

- a) É convertida em dióxido de carbono no citoplasma.
- b) É armazenada como glicogénio no núcleo.
- c) É convertida em duas moléculas de piruvato no citoplasma.
- d) É convertida em ATP na mitocôndria.

1 minuto

3. Qual é a função do Ciclo de Krebs na respiração aeróbia?

NEXT

- a) Armazenar energia sob a forma de ATP diretamente.
- b) Produzir NADH e FADH₂ para a cadeia de transporte de eletrões.
- c) Reduzir o oxigénio molecular a água.
- d) Fornecer energia para a glicólise.

1 minuto

4. Porque é que a cadeia transportadora de eletrões depende da membrana interna da mitocôndria?

NEXT

- a) Para permitir a difusão passiva de ATP para fora da célula.
- b) Para realizar a síntese direta de glicose.
- c) Para armazenar o oxigénio utilizado na respiração celular.
- d) Para criar um gradiente de protões necessário para a fosforilação oxidativa.

1 minuto

5. Qual é o destino final dos eletrões que percorrem a cadeia transportadora de eletrões na respiração aeróbia?

- a) São armazenados na matriz mitocondrial.
- b) São utilizados diretamente para sintetizar ATP.
- c) São transferidos para o Ciclo de Krebs para gerar mais NADH.
- d) Reduzem o oxigénio molecular para formar água

NEXT

AVISO URGENTE

NEXT

1 minuto

Aceitam o desafio?

- a) Sim, aceitamos participar na investigação
- b) Não, preferimos virar as costas à nossa pátria.



NEXT

Apêndice 3 – Apresentação Aula 2

Sumário

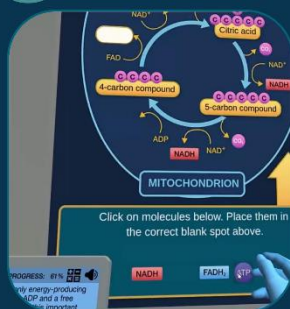
Continuação do sumário
da aula anterior

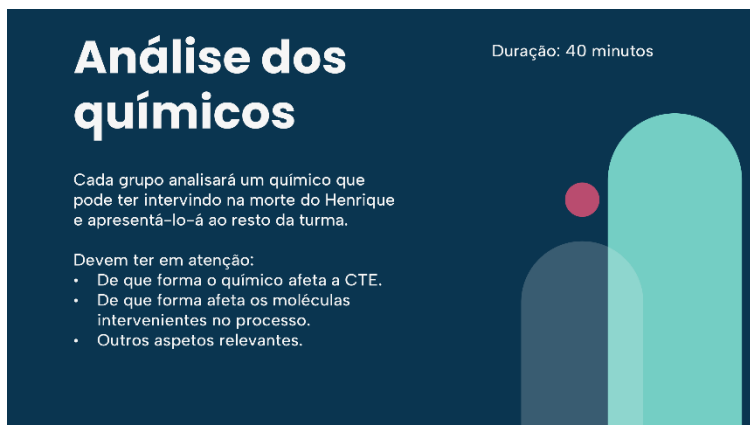
O que fizemos na aula anterior?

- Apresentação do caso a tratar.
- Resolução das fichas de trabalho.
- Desenvolvimento de hipóteses para a morte do Henrique Valente.

Ciclo de Krebs

Exploração da simulação
Duração: 30 minutos





Apêndice 4 – Apresentação Aula 3



Ficha de trabalho

Duração: 25 minutos

O que fizemos na aula anterior?

- Estudo do Ciclo de Krebs através de uma simulação.
- Estudo da CTE através de um modelo 3D.
- Análise da ação de diferentes químicos na CTE

Cianeto

- Liga-se ao complexo 4, inibindo o fluxo de eletrões e a redução do O_2 .
- O O_2 reage com outros compostos, originando ROS.
- Devido ao bloqueio do fluxo de eletrões, a redução do NADH e FADH₂ será inibida, aumentando as suas concentrações e reduzindo as de NAD⁺ e FAD.

Rotenona

- Liga-se ao complexo 1, inibindo oxidação do NADH em NAD⁺.
- O O_2 reage parcialmente com os eletrões do FADH₂, originando ROS.
- A inibição do complexo 1 leva ao aumento da concentração de NADH e a diminuição de NAD⁺.

Malonato

- Liga-se ao complexo 2, inibindo a oxidação do FADH_2 em FAD .
- O O_2 reage parcialmente com os eletrões do NADH , originando ROS.
- A inibição do complexo 2 leva ao aumento da concentração de FADH_2 e a diminuição de FAD .

Antimicina A

- Liga-se ao complexo 3, inibindo o fluxo de eletrões e a redução do O_2 .
- O O_2 reage com outros compostos, originando ROS.
- Devido ao bloqueio do fluxo de eletrões, a redução do NADH e FADH_2 será inibida, aumentando as suas concentrações e reduzindo as de NAD^+ e FAD .

De volta ao laboratório

Pela última vez!



Análises Moleculares

Análises de Henrique:	Valores de referência:
NADH: 570 μM ↑	100 a 200 μM
NAH ⁺ : 29 μM ↓	250 a 500 μM
FADH ₂ : 8 μM ✓	5 a 10 μM
FAD ⁺ : 61 μM ✓	30 a 100 μM
H ⁺ Intermembranar: 328 μM ↓	500 a 1000 μM
ATP: 0,02 μM ↓	1 a 5 μM
ADP: 3 μM ↑	0,1 a 1 μM

O que fizemos no caso?

Aula 1

- Introdução do caso.
- Elaboração de hipóteses para a morte da vítima

Aula 2

- Análise do ciclo de Krebs através de uma simulação virtual.
- Estudo da CTE através um modelo.
- Análise dos efeitos de 4 químicos na CTE.

Aula 3

- Conclusão do caso em estudo.

Apêndice 5 – Guião de exploração da simulação *Labster*

Guia de trabalho *Labster*

O que é o *Labster*?

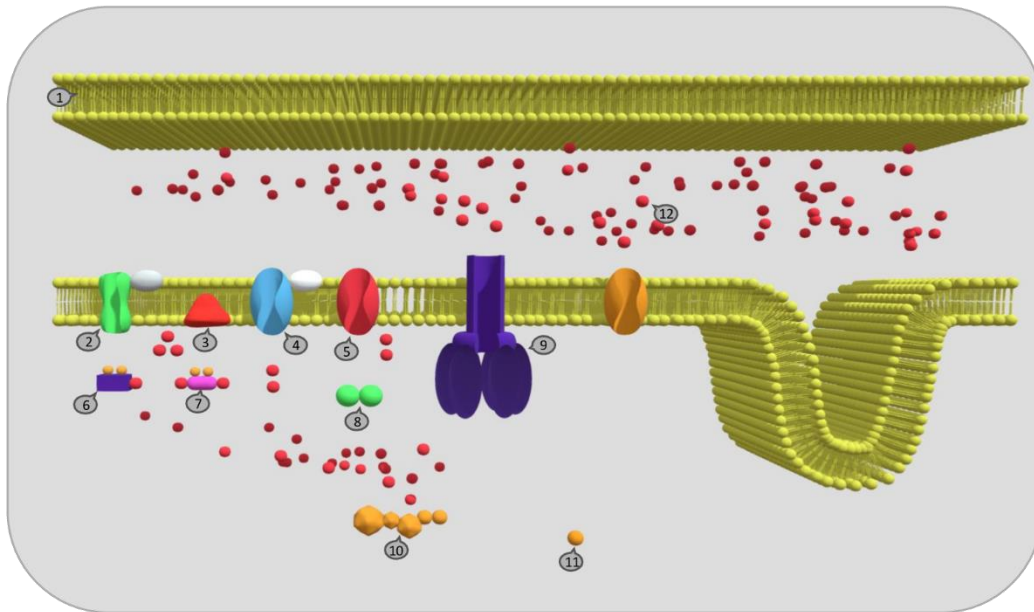
Labster é uma plataforma de simulação de laboratórios virtuais que oferece experiências interativas para alunos de várias áreas, como biologia, química e física. Graças a esta plataforma, vamos poder mergulhar mais fundo e perceber melhor o funcionamento do ciclo de Krebs, bem como analisar se existiu alguma perturbação no ciclo de Krebs da vítima.

Procedimento

1. No início da simulação, verás um robô circular chamado Dr. One, que te explicará como funciona o LabPad, um tablet que te acompanhará por toda a simulação. Quando este aparecer no ecrã, deves **clicar** em “Continue”.
2. De seguida, ser-te-á explicado que a simulação tem instruções de áudio. Contudo, estas não serão necessárias. Deves **clicar** em “Continue”.
3. Ser-te-á questionado se já usaste esta plataforma antes. Deves **escolher a opção b)**, já que todas as instruções necessárias serão providenciadas neste guia, e de seguida **clicar** em “Continue”.
4. Agora que podes interagir e rodar a camara, **procura** uma bata e veste-a. Seguidamente **procura** uma caixa de luvas de plástico e coloca-as. **Clica** “Continue”.
5. **Clica** na porta à tua frente para entrares no laboratório
6. **Procura** uma mesa hexagonal holográfica para a qual deves seguir.
7. **Responde** corretamente à pergunta que te é colocada.
8. Terás à tua frente duas moléculas de piruvato resultante da glicólise. **Agarra** uma delas.
9. **Encontra** a bancada com uma mitocôndria e dirige-te a ela. **Pressiona** “Continue”
10. **Coloca** o piruvato dentro da mitocôndria. **Clica** “Continue”
11. Deverás agora **completar** corretamente o ciclo de Krebs. Cada balão branco representa um produto do ciclo de Krebs. **Seleciona** na legenda em baixo qual é a molécula que corresponde ao local que está a piscar.
12. Depois de completo, ser-te-ão colocadas algumas perguntas às quais deves **responder** corretamente.
13. Por fim, serás questionado “Sentes que desenvolveste conhecimentos relevantes através desta simulação?”. Deves **responder** honestamente, esta pergunta não contará para avaliação.
14. Após a simulação, serão **discutidas** as conclusões retiradas sobre o estado de saúde da vítima.

Apêndice 6 – Legenda do modelo

LEGENDA



1-

2-

3-

4-

5-

6-

7-

8-

9-

10-

11-

12-

Apêndice 7 – Folhetos de segurança dos químicos

54982 - ROTENONA

Data de revisão 2024-06-05

FICHA DE SEGURANÇA

Rotenona

1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA

Nome do produto

Rotenona

Fornecedor

BioQuímica Portugal, LDA
Rua da Fábrica, 74
2700-123 Amadora, Portugal
Telefone: +351 23 567 1234
Fax: +351 23 567 1234

2. COMPOSIÇÃO/FORMAÇÃO QUÍMICA

Nome Químico

Rotenona

N. CAS

83-79-4

Teor

>95%

Simbolo de Perigo

Xn (Nocivo)

Frases-R

R22/36/37/38

N. Índice EU

650-005-00-2

N. EC

201-501-9

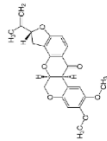
Fórmula M.

C₂₃H₂₃O₆

N. CAS

83-79-4

Estrutura Química



Rotulagem



3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

CONTATO COM OS OLHOS:

Pode causar irritação ocular, vermelhidão e lacrimejamento. **CONTATO COM A PELE:** Provoca irritação, vermelhidão e dermatite. **INGESTÃO:** Nocivo se ingerido. Pode causar náuseas, vômitos e sintomas graves como neurológicos respiratórios. **INALAÇÃO:** Pode causar irritação para respirar e efeitos neurológicos graves. **Reage com ácidos e oxidantes, formando compostos potencialmente perigosos.**

4. SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO

Modelo de Atuação



Sintomas Agudos:

- Irritação dos olhos, pele e trato respiratório
- Náuseas e vômitos
- Dor de cabeça
- Tonturas
- Convulsões
- Depressão respiratória

Sintomas Crônicos:

- Dermatite devido ao contacto prolongado com a pele
- Possíveis efeitos no fígado e rins com exposição prolongada

54982 - MALONATO

Data de revisão 2024-06-05

FICHA DE SEGURANÇA

Malonato

1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA

Nome do produto

Malonato

Fornecedor

BioQuímica Portugal, LDA
Rua da Fábrica, 74
2700-123 Amadora, Portugal
Telefone: +351 23 567 1234
Fax: +351 23 567 1234

2. COMPOSIÇÃO/FORMAÇÃO QUÍMICA

Nome Químico

Rotenona

N. CAS

83-79-4

Teor

>95%

Simbolo de Perigo

Xn (Nocivo)

Frases-R

R22/36/37/38

N. Índice EU

650-005-00-2

N. EC

201-501-9

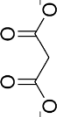
Fórmula M.

C₂₃H₂₃O₆

N. CAS

83-79-4

Estrutura Química



Rotulagem



3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

CONTATO COM OS OLHOS:

Pode causar irritação ocular, vermelhidão e lacrimejamento. **CONTATO COM A PELE:** Provoca irritação, vermelhidão e dermatite. **INGESTÃO:** Nocivo se ingerido. Pode causar náuseas, vômitos e sintomas graves como neurológicos respiratórios. **INALAÇÃO:** Pode causar irritação para respirar e efeitos neurológicos graves. **Reage com ácidos e oxidantes, formando compostos potencialmente perigosos.**

4. SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO

Modelo de Atuação



Sintomas Agudos:

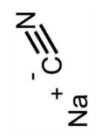
- Irritação dos olhos, pele e trato respiratório
- Náuseas e vômitos
- Dor de cabeça
- Tonturas
- Convulsões
- Depressão respiratória

Sintomas Crônicos:

- Dermatite devido ao contacto prolongado com a pele
- Possíveis efeitos no fígado e rins com exposição prolongada

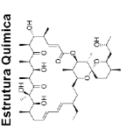
FICHA DE SEGURANÇA

Cianeto de Sódio

1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA					
Nome do produto	Cianeto de sódio				
Fornecedor	METALQUÍMICA LISBOA, LDA Rua das Indústrias, 45 2670-456 Loures, Portugal Telefone: +351 21 456 7890 Fax: +351 21 456 7890				
2. COMPOSIÇÃO/FORMAÇÃO QUÍMICA					
Nome Químico	N. CAS	Conteúdo	Símbolo de Perigo	Frases-R	
Cianeto de Sódio	143-33-9	>98%	T+ (Muito tóxico)	R26/27/28	
N. Índice EU	006-007-00-5	Estrutura Química	Rotulagem		
N. EC	205-599-4				
Fórmula M.	CNaN				
N. CAS	143-33-9				
3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS					
CONTATO COM OS OLHOS: Pode causar irritação ocular. CONTATO COM A PELE: Provoca irritação e, possivelmente, queimaduras. Pode causar intoxicação com risco de vida. INGESTÃO: Pode causar envenenamento letal. INALACÃO: Pode causar envenenamento letal. Reage com ácidos formando gases altamente tóxicos.					
4. SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO					
Modelo de Atuação					
Sintomas Agudos:					
• Dificuldade respiratória • Náuseas e vômitos • Dor de cabeça • Tonturas • Convulsões • Perda de consciência					
Sintomas Crônicos:					
• Fraqueza geral • Dores de cabeça persistentes • Alterações neurológicas					

FICHA DE SEGURANÇA

Antimicina A

1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA					
Nome do produto	Antimicina A				
Fornecedor	BioPharm Portugal, LDA Rua da Ciência, 456 1000-987 Lisboa, Portugal Telefone: +351 22 683 1434 Fax: +351 22 683 1434				
2. COMPOSIÇÃO/FORMAÇÃO QUÍMICA					
Nome Químico	N. CAS	Teor	Símbolo de Perigo	Frases-R	
Antimicina A	1404-19-9	>85%	T (Tóxico)	R23/24/25/48	
N. Índice EU	650-123-45-9	Estrutura Química	Rotulagem		
N. EC	215-378-1				
Fórmula M.	C ₂₂ H ₃₄ O ₁₁				
N. CAS	1404-19-9				
3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS					
CONTATO COM OS OLHOS: Pode causar irritação ocular. CONTATO COM A PELE: Pode provocar irritação ou reações alérgicas leves. INGESTÃO: Pode ser tóxica se ingerida, mas não são comumente reportados sintomas graves em humanos. INALACÃO: Pode causar irritação nas vias respiratórias se inalado em grandes quantidades. Riscos mais associados à sua ação celular.					
4. SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO					
Modelo de Atuação					
Sintomas Agudos:	• Dificuldade respiratória • Tontura ou vertigem • Fraqueza muscular • Náuseas e vômitos • Alteração do ritmo cardíaco				
Sintomas Crônicos:	• Danos ao sistema nervoso central • Distúrbio orgânica geral • Fadiga crônica				

Apêndice 8 – Pré/Pós teste



Ficha de Trabalho | Transformação e utilização de energia pelos seres vivos: A respiração aeróbia

Biologia e Geologia – 10.º ano

Nome: _____	Classificação: _____
Turma: _____ N.º _____ Data: ____/____/____	

Grupo I (30 pontos)

1. Para cada uma das seguintes questões, seleciona a opção correta.

1.1. A glicólise corresponde a...

- a) um processo anabólico que permite a formação de moléculas de ATP.
- b) um processo catabólico que permite a formação de moléculas de ATP.
- c) um processo anabólico que permite a formação de moléculas de ADP.
- b) um processo catabólico que permite a formação de moléculas de ADP.

(8 pontos)

1.2. Em que local se realiza a glicólise?

- a) Cristas mitocondriais.
- b) Matriz mitocondrial.
- c) Citoplasma.
- d) Membrana citoplasmática.

(8 pontos)

1.3. Em relação às condições em que a glicólise ocorre, é correto afirmar que a glicólise...

- a) ocorre apenas na presença de oxigénio.
- b) a glicólise ocorre apenas na ausência de oxigénio.
- c) pode ocorrer tanto na presença quanto na ausência de oxigénio.
- d) depende exclusivamente do ciclo de Krebs.

(8 pontos)

2. Identifica quais são os produtos finais da glicólise.

(6 pontos)

Transformação e utilização de energia pelos seres vivos: A respiração aeróbia | Biologia e Geologia – 10.º ano

Grupo II (120 pontos)

1. Indica qual é a função da respiração aeróbia.

(8 pontos)

2. Para cada uma das seguintes questões, seleciona a opção correta.

- 2.1. A respiração aeróbia corresponde um processo...

- a) anabólico que permite a formação de moléculas de glicose.
- b) catabólico que permite a formação de moléculas de glicose.
- c) anabólico que permite a formação de moléculas de ATP.
- d) catabólico que permite a formação de moléculas de ATP.

(8 pontos)

- 2.2. Após a glicólise, as moléculas de piruvato podem seguir duas vias metabólicas diferentes: respiração aeróbia e respiração anaeróbia. Seleciona entre as seguintes afirmações aquela que corresponde à principal diferença entre estas vias metabólicas.

- a) A respiração aeróbia e a respiração anaeróbia são a mesma via metabólica, mas ocorrem em locais diferentes.
- b) A respiração anaeróbia não necessita de oxigénio para ocorrer, enquanto a respiração aeróbia necessita.
- c) A respiração anaeróbia não ocorre nas células dos mamíferos.
- d) A respiração aeróbia ocorre na presença de oxigénio, enquanto a respiração anaeróbia é inibida na sua presença.

(8 pontos)

- 2.3. A formação de acetil-CoA durante a respiração aeróbia ocorre...

- a) no citoplasma.
- b) na membrana citoplasmática.
- c) na matriz mitocondrial.
- d) nos ribossomas.

(8 pontos)

- 2.4. Qual das seguintes moléculas é reduzida durante a formação de acetil-CoA a partir do piruvato?

- a) NAD⁺.
- b) FAD.
- c) ADP.
- d) ATP.

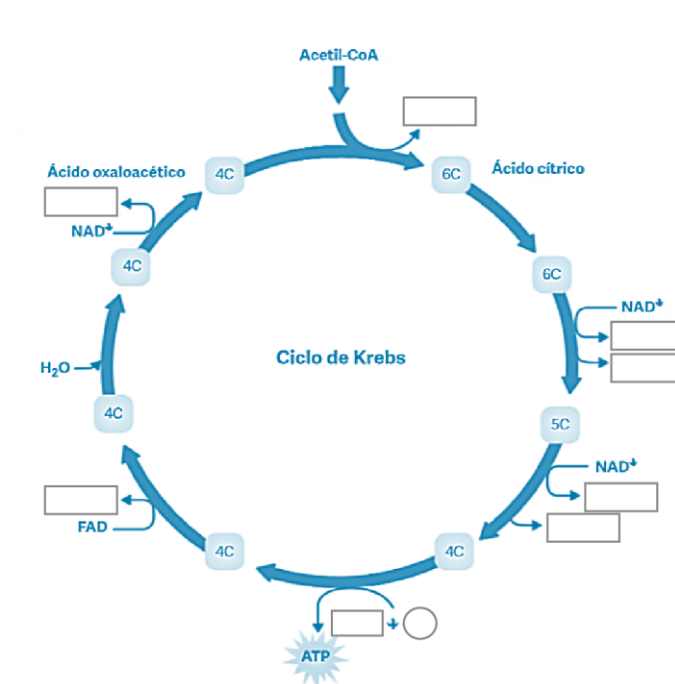
(8 pontos)

Transformação e utilização de energia pelos seres vivos: A respiração aeróbia | Biologia e Geologia – 10.º ano

3. Explica a importância do ciclo de Krebs na respiração celular aeróbia, mencionando o seu papel na produção de energia.

(10 pontos)

4. A figura seguinte representa uma das etapas da respiração celular, o Ciclo de Krebs. Completa os espaços em branco com os compostos corretos.



(16 pontos)

5. Para cada uma das seguintes questões, seleciona a opção correta.

5.1. O ciclo de Krebs é uma via metabólica exclusiva de células eucarióticas, ocorrendo exclusivamente nas mitocôndrias.

a) Verdadeiro.

b) Falso.

(6 pontos)

Transformação e utilização de energia pelos seres vivos: A respiração aeróbia | Biologia e Geologia – 10.º ano

5.2. Qual dos seguintes produtos **NÃO** é formado diretamente pelo ciclo de Krebs?

- a) CO_2 .
- b) NADH.
- c) ATP (ou GTP).
- d) Glicose.

(8 pontos)

5.3. Quantas moléculas de CO_2 são liberadas durante um ciclo de Krebs?

- a) Uma.
- b) Duas.
- c) Três.
- d) Quatro.

(8 pontos)

5.4. Em que local ocorre o ciclo de Krebs nas células eucarióticas?

- a) Cristas mitocondriais.
- b) Matriz mitocondrial.
- c) Citoplasma.
- d) Membrana citoplasmática.

(8 pontos)

5.5. A cadeia transportadora de eletrões pode ocorrer na ausência de oxigénio, uma vez que depende apenas de NADH e FADH_2 como fontes de eletrões.

- a) Verdadeiro.
- b) Falso.

(6 pontos)

5.6. Qual das seguintes moléculas é produzida no final da cadeia transportadora de eletrões?

- a) CO_2 .
- b) H_2O .
- c) Glicose.
- d) Piruvato.

(8 pontos)

6. Explica o papel da cadeia transportadora de eletrões na respiração celular e descreve de que forma esta contribui para a produção de ATP.

(10 pontos)

Transformação e utilização de energia pelos seres vivos: A respiração aeróbia | Biologia e Geologia – 10.º ano

Grupo III (50 pontos)

1. Na figura seguinte está representado o organelo responsável pelo processo de respiração aeróbia.
- 1.1. De forma clara, desenha na figura cada uma das etapas deste processo, tendo em conta o local onde estas ocorrem e compostos envolvidos. Cada etapa deve ser representada com uma cor diferente e deve ser elaborada a legenda destas cores. (38 pontos)
- 1.2. Na tabela regista o balanço energético de cada uma das etapas deste processo. (12 pontos)

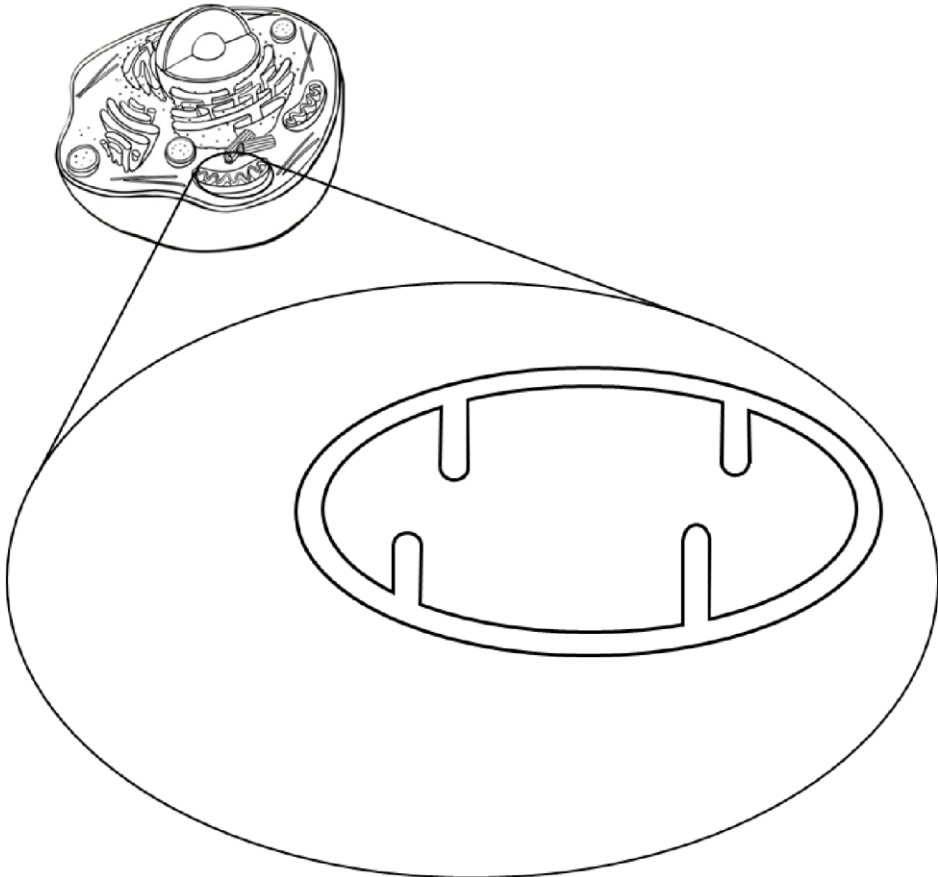


Tabela 1. Balanço energético da respiração aeróbia.

Etapa 1 - _____		Etapa 2 - _____		Etapa 3 - _____		Etapa 4 - _____	
ATP gasto	ATP produzido	ATP gasto	ATP produzido	ATP gasto	ATP produzido	ATP gasto	ATP produzido

Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética da Universidade do Porto



Parecer

Ref.: Proc. CE2024/p174

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Gonçalo Miranda Serra no âmbito do projeto intitulado “Integração da Tecnologia e Modelação na Aprendizagem por Casos: Uma Investigação-Ação no Ensino da Respiração Celular no 10.º ano”, a Comissão de Ética nada tem a opor à realização desse projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato para o exterior, a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos menores de idade bem como o assentimento informado desses mesmos alunos participantes no projeto.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 28 de janeiro de 2025

O Presidente da Comissão de Ética