Ensino orientado para a aprendizagem por Investigação na temática da obtenção de energia: Investigação-ação no 10.º ano

Inês Nogueira Hora Vieira Pinto
Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2024



Ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática da obtenção de energia: investigação-ação no 10.º ano

Inês Nogueira Hora Vieira Pinto

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

2024

Orientador

Gina P. Correia, Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS

Agradecimentos

Agradeço a todos que me apoiaram nesta etapa de minha vida, vocês fizeram-me acreditar que podia mudar o meu rumo e realizar os meus sonhos.

À minha orientadora científica, Gina P. Correia, pela sua disponibilidade ao longo deste ano de estágio para dialogar e refletir sobre a investigação realizada, bem como por todo o conhecimento que partilhou comigo e me permitiu crescer a nível profissional.

A todos os professores que me acompanharam ao longo do mestrado nas várias unidades curriculares, obrigada pelos vossos ensinamentos, pois irão acompanhar-me para o resto da vida.

À minha professora cooperante, Maria da Conceição Pinto, por todo o apoio e boa disposição ao longo do ano, essenciais na minha integração na escola e na minha formação docente.

Aos meus colegas de mestrado, esta caminhada foi mais fácil na vossa companhia. À minha colega Beatriz Antunes, agradeço-lhe a amizade, a colaboração e a partilha de ideias e de conhecimento, que enriqueceram o meu ano de estágio.

Aos meus alunos, todo o vosso apoio e carinho foram fundamentais para o meu desenvolvimento enquanto docente e para o meu sucesso nesta etapa da minha formação.

Aos meus familiares e amigos, por me acompanharem nesta etapa.

Aos meus pais e irmão, o vosso incentivo e apoio nestes últimos anos inspirou-me, e fez-me valorizar esta oportunidade, que sem vocês não seria possível.

Ao Tiago, por todo o amor e paciência, por acreditar que consigo fazer mais e melhor, e por estar sempre presente na concretização deste meu objetivo.

Resumo

Os sucessivos desenvolvimentos científicos e tecnológicos que ocorrem desde o início deste milénio, instigam a promoção de valores e competências nos alunos auxiliando-os a superar os desafios de um mundo em constante mudança. Estes valores e competências incluem, entre outros, a cooperação, a autonomia, a literacia científica e o raciocínio científico.

A metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação permite a promoção de competências investigativas a partir da participação dos alunos no processo científico, desafiando-os a encontrar respostas a questões através de uma investigação.

Este estudo adaptou o primeiro ciclo de Investigação-Ação e pretendeu avaliar se a metodologia referida promove o desenvolvimento de competências investigativas e auxilia os alunos na compreensão de processos de obtenção de energia, como a fermentação e a respiração aeróbia. A investigação foi realizada numa escola básica e secundária em Matosinhos, numa turma com 24 alunos do 10.º ano de escolaridade. A recolha de dados foi realizada através da aplicação do relatório em V de Gowin, do registo em desenho e de um *snapshot*. Os resultados obtidos revelaram que a metodologia de ensino implementada foi eficaz na promoção da aprendizagem do conteúdo científico, bem como no desenvolvimento de competências investigativas. Verificou-se, ainda, que o trabalho de grupo foi uma mais-valia para uma melhor aprendizagem por parte dos alunos, nomeadamente a nível cognitivo, psicomotor e social.

Este estudo revelou indicadores positivos sobre o potencial da metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação, quando aliada a estratégias de ensino centradas no aluno, na promoção de competências fundamentais para que os alunos se constituam como cidadãos capazes de tomar decisões fundamentadas e com capacidade de participação cívica consciente.

Palavras-chave: metodologia de ensino ativa; competências investigativas; fermentação; respiração aeróbia; investigação-ação

Abstract

The successive scientific and technological developments, that have taken place since the beginning of this millennium, call for the promotion of values and competences in students to help them overcome the challenges of an ever-changing world. These values and competences include, among others, cooperation, autonomy, scientific literacy and scientific reasoning.

Inquiry-based teaching allows for the promotion of investigative competences, based on the participation of students in the scientific process, challenging them to find answers to questions through an investigation.

This research adapted the first cycle of Action Research and aimed to assess whether this methodology promotes the development of investigative competences and enables students to understand energy production processes, such as fermentation and cellular respiration. The study was carried out in an elementary and secondary school in Matosinhos, with a class of 24 10th grade students. Data was collected using Gowin's V, drawings and a *shapshot*. The results demonstrated that the teaching methodology employed was effective in promoting the learning of scientific content, as well as in developing investigative skills. It was also found that group work was an asset for better learning on the part of the students, particularly at a cognitive, psychomotor and social level.

This study has revealed positive indicators of the potential of the methodology of Inquiry-based teaching, when combined with student-centered teaching strategies, to promote fundamental skills so that students can become citizens capable of making informed decisions and with the capacity for conscious civic participation.

Keywords: active teaching methodology; science process skills; fermentation; cell respiration; action research

Índice

Lista de Figuras vi

Lista de Quadros vi

Lista de Abreviaturas viii

1. Introdução 1

1.1. Contextualização da investigação 1

1.2. Contextualização curricular 3

2. Enquadramento Teórico 5

2.1. Ensino orientado para a aprendizagem por investigação 5

2.1.1. O EOAI e o trabalho prático laboratorial 7

2.1.2. O EOAI e a modelação 9

2.1.3. A abordagem histórica no EOAI 10

2.2. O ensino da Biologia através do EOAI 11

2.2.1. O ensino dos processos de obtenção de energia através do EOAI 11

3. Intervenção Pedagógica 13

3.1. Planificação e recursos educativos 13

3.2. Caracterização das aulas 13

4. Metodologia de investigação 19

4.1. Investigação-Ação 19

4.1.1. O professor-investigador 20

4.2. Problema e objetivos de investigação 21

4.3. Caracterização da amostra 23

4.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados 23

4.4.1. V de Gowin 24

4.4.2. Desenhos 25

4.4.3. Snapshot 26

4.5. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados 27

4.6. Questões de ética 28

5. Resultados e discussão 29

5.1. V de Gowin 29
5.2. Desenhos 33
5.3. *Snapshot* 40
6. Conclusões 46
6.1. Conclusões gerais 46
6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras 47
6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional 48
Referências Bibliográficas 49
Apêndices 55
Apêndice 1 – Planificação geral 55
Apêndice 2 – Planificação das aulas 56
Apêndice 3 – Documento *powerpoint* (fermentação) 60
Apêndice 4 – Documento *powerpoint* (método científico) 64
Apêndice 5 – V de Gowin (presença/ausência de açúcar) e sugestão de correção 66
Apêndice 6 - V de Gowin (temperatura) e sugestão de correção 67
Apêndice 7 - V de Gowin (concentração de açúcar) e sugestão de correção 68
Apêndice 8 – Ficha de trabalho (HC) e sugestão de correção 69
Apêndice 9 – Documento *powerpoint* (respiração aeróbia) 71
Apêndice 10 – Ficha de trabalho (rendimento da respiração aeróbia) e sugestão de correção 74
Apêndice 11 – Ficha de trabalho (registo dos desenhos) e sugestão de correção 77
Apêndice 12 - *Snapshot* 78
Apêndice 13 – Pedido de consentimento informado 79
Apêndice 14 – Pedido de assentimento informado 80
Apêndice 15 – Grelha de avaliação do V de Gowin 81
Anexos 82
Anexo 1 – Parecer da Comissão de ética 82

Lista de Figuras

Figura 1 - Relação entre atividades práticas, laboratoriais e experimentais. 8
Figura 2- A) Discussão sobre um episódio da HC relativamente aos conteúdos lecionados. B) Recuperação de aprendizagens relativamente ao MC. 14
Figura 3- Distribuição de cada procedimento a realizar pelos grupos. Os grupos representados elaboraram um procedimento experimental que permitiu testar uma das seguintes variáveis: (i) a influência da presença/ausência de açúcar no meio, a azul; (ii) a influência da temperatura do meio, a verde; e (iii) a influência da concentração de açúcar no meio, a laranja. 15
Figura 4- Elaboração dos procedimentos práticos experimentais em grupos, de forma a testar a hipótese contruída anteriormente. 15
Figura 5- A) Esquematização do processo de fermentação através do questionamento dos alunos. B) Realização dos procedimentos por parte dos grupos. 16
Figura 6- A) Preenchimento do V de Gowin por parte dos grupos. B) Partilha e discussão dos resultados obtidos por cada grupo. 16
Figura 7- A) Explicação de uma das etapas da respiração aeróbia. B) Realização da ficha de trabalho da aula, em grupo, de modo a validar a hipótese construída em turma no início da aula. 17
Figura 8- Elaboração dos desenhos e dos *snapshots* sobre os processos de obtenção de energia. 18
Figura 9- Espiral de ciclos da Investigação-Ação. 20
Figura 10- Exemplos de desenhos realizados pelos alunos relativos à fermentação. 37
Figura 11- Desenho realizado por A19 relativo à respiração aeróbia. A(n)=Aluno. 39

Lista de Quadros

Quadro 1- Aprendizagens Essenciais do 10.º ano na disciplina de Biologia e Geologia, referentes à temática do PI. Adaptado de Direção Geral de Educação. 3
Quadro 2- Objetivos científicos, educacionais e profissionais do PI. 22

Quadro 3 - Instrumentos de recolha de dados e os respetivos objetivos investigacionais científicos. 24
Quadro 4- Campos do V de Gowin preenchidos pelos alunos, os objetivos a cumprir em cada um e respetiva cotação (em pontos). 25
Quadro 5 - Estatística descritiva em relação às respostas corretas no V de Gowin. 29
Quadro 6- Frequência de resposta por cotação nos campos *Conceitos* (0-10 pontos), *Transformações* (0-15 pontos) e *Juízo de Valor* (0-20 pontos) do V de Gowin. 30
Quadro 7- Frequência de resposta por cotação no campo *Acontecimentos/material* (0-20 pontos) do V de Gowin. 30
Quadro 8- Frequência de resposta por cotação nos *Registos* (0-15 pontos) do V de Gowin. 31
Quadro 9- Frequência de resposta por cotação no *Juízo Cognitivo* (0-20 pontos) do V de Gowin. 32
Quadro 10- Correspondência entre categorias, subcategorias e indicadores de resposta nos desenhos. 33
Quadro 11 - Frequência de respostas obtidas nos desenhos em relação à categoria *Condições do meio* (subcategoria A). 36
Quadro 12- Frequência de respostas obtidas nos desenhos em relação à categoria *Fermentação* (subcategorias B-E). 36
Quadro 13- Frequência de resposta obtidas nos desenhos em relação à categoria *Fermentação* (subcategorias F-I). 36
Quadro 14 - Frequência de resposta obtidas nos desenhos em relação à categoria *Respiração aeróbia* (subcategorias J-L) 38
Quadro 15 - Frequência de resposta obtidas nos desenhos em relação à categoria *Respiração aeróbia* (subcategorias M-P). 38
Quadro 16 - Frequência de respostas por categoria (C1-C5) obtidas na Q1 (n=20). 40
Quadro 17 - Frequência de respostas por categoria (C1-C7) obtidas na Q2 (n=20). 42
Quadro 18 - Frequência de respostas por categoria (C1-C12) obtidas na Q3 (n=20). 43
Quadro 19- Frequência de respostas por categoria (C1-C6) na Q4 (n=20). 44

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
EB	ENSINO DA BIOLOGIA
EC	ENSINO DA CIÊNCIA
EdC	EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA
EOAI	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO
HC	HISTÓRIA DA CIÊNCIA
I-A	INVESTIGAÇÃO-AÇÃO
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
MC	MÉTODO CIENTÍFICO
NCC	NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
PI	PROGRAMA DE INTERVENÇÃO
TPL	TRABALHO PRÁTICO LABORATORIAL

1. Introdução

Este relatório de estágio foi realizado no âmbito da Unidade Curricular de Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES) do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Este trabalho descreve a elaboração e implementação de um Programa de Intervenção (PI), numa turma do 10.º ano de escolaridade de uma escola básica e secundária do concelho de Matosinhos.

Este documento está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo, *Introdução*, contextualiza-se a investigação e faz-se o enquadramento curricular da temática abordada no PI. No segundo capítulo, *Enquadramento Teórico*, faz-se a descrição da metodologia de ensino implementada - o Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação (EOAI), e a sua aplicação no Ensino da Biologia (EB) na atualidade. No terceiro capítulo, *Intervenção Pedagógica*, descreve-se a planificação e caracterizam-se as aulas realizadas no PI. No quarto capítulo, *Metodologia de Investigação*, apresenta-se a metodologia de investigação utilizada - a Investigação-Ação (I-A), define-se o problema e objetivos da investigação, faz-se a caracterização da amostra, descrevem-se as técnicas e instrumentos de recolha de dados utilizados e a forma como se procedeu à validação e fidelidade destes últimos, e, por fim, mencionam-se as questões de ética características de uma investigação com participantes menores de idade. O quinto capítulo dedica-se aos *Resultados e Discussão*, onde são apresentados e discutidos os resultados obtidos para cada instrumento de recolha de dados aplicado. No sexto capítulo, *Conclusões*, apresentam-se as conclusões deste trabalho, nomeadamente, as conclusões gerais da investigação, as limitações e sugestões para investigações futuras, e, também, os contributos desta investigação para o desenvolvimento das competências docentes da professora-investigadora.

1.1. Contextualização da investigação

Atualmente, os desafios que são colocados à educação devem-se, sobretudo, ao desenvolvimento científico e tecnológico que afeta as relações entre o indivíduo e a sociedade. Assim sendo, os sistemas educativos devem estar preparados para desenvolver competências que possibilitem aos alunos fazer frente aos complexos problemas do século XXI e às mudanças provocadas pela evolução do conhecimento e da tecnologia (Martins et al., 2017).

A Educação em Ciência (EdC) abrange a compreensão da Ciência e do interesse pela Ciência em contextos sociais e culturais, e inclui não apenas o ensino formal, mas também o não formal e o informal (Cachapuz et al., 2004). À luz da urgência destes desafios globais, a EdC tem vindo a focar-se no desenvolvimento do raciocínio científico, na resolução de problemas e na tomada de decisões acerca desses desafios. Coletivamente, estas competências constituem a literacia científica de um individuo, ou seja, a capacidade deste aplicar o conhecimento científico e as suas práticas em problemas do quotidiano (Forbes et al., 2020). A literacia científica é a prioridade do Ensino da Ciência (EC) - o que é ministrado em contexto formal, e que está centrado nos processos de ensino e aprendizagem que ocorrem na sala de aula, ou seja, no cumprimento do currículo (Cachapuz et al., 2004) - devendo ser promovida através da criação de oportunidades para os alunos se envolverem nos processos e práticas científicas, ou seja, no questionamento científico (Furtak et al., 2012).

A investigação em sala de aula engloba atividades que permitem aos alunos adquirir e compreender conceitos, teorias e modelos, a partir do questionamento e investigação de fenómenos. Os alunos aprendem Ciência através de um Método Científico (MC), desenvolvendo o intelecto e aprendendo como proceder na resolução de problemas do quotidiano. Deste modo, instiga-se o desenvolvimento do raciocínio e pensamento crítico dos alunos sobre fenómenos científicos, tornando-os autorreguladores da sua aprendizagem (National Research Council, 1996).

O EC deve ser consistente com o MC, através da apresentação de problemas aos alunos que permitam que estes decidam quais evidências são relevantes e elaborem interpretações do significado das mesmas. A investigação deve apoiar os alunos a aprenderem a resolver problemas do quotidiano (Deboer, 2006). Historicamente, o uso do EOAI, contrasta com o uso de metodologias tradicionais como o ensino transmissivo, e melhora as aprendizagens dos alunos quando o professor assume o papel de facilitador de aprendizagens (Minner et al., 2010). O EOAI, aliado a estratégias importantes do EC como o trabalho prático laboratorial (TPL) e a modelação, potencia o desenvolvimento de competências investigativas nos alunos e, consequentemente, da literacia científica dos futuros cidadãos (Justi & Gilbert, 2002; Millar, 2004).

O PI, implementado em alunos do 10.º ano de escolaridade, abrange o domínio da transformação e utilização de energia pelos seres vivos, nomeadamente, os processos de fermentação e da respiração aeróbia. Esta temática é considerada desafiadora (Gungor & Ozhan, 2017; Songer & Mintzes, 1994), tanto para os alunos aprenderem, como para os professores ensinarem. Assim sendo, a utilização de uma metodologia

ativa pretende colocar os alunos no centro dos processos de ensino e aprendizagem, de forma a melhorar a aquisição e compreensão destes conteúdos.

1.2. Contextualização curricular

O programa do XXII Governo Constitucional priorizou a melhoria da qualidade das aprendizagens e a inclusão. O Despacho n.º 6605-A/2021, de 6 de julho, define os referenciais curriculares das várias dimensões do desenvolvimento curricular, como: (i) o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO); (ii) as Aprendizagens Essenciais (AE); (iii) o documento da Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania e (iv) os Perfis profissionais/referenciais de competência, quando aplicável. O PASEO e as AE foram considerados na elaboração do presente PI, pela relevância que têm na garantia do acesso ao currículo por todos os alunos.

Os conceitos científicos abordados neste PI vão ao encontro das AE definidas pelo Ministério de Educação para o 10.º ano de escolaridade na disciplina de Biologia e Geologia, descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Aprendizagens Essenciais do 10.º ano na disciplina de Biologia e Geologia, referentes à temática do PI. Adaptado de Direção Geral de Educação (DGE, 2018a).

Aprendizagens Essenciais Transversais (DGE, 2018a, p.4)
• Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico. • Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. • Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.
Aprendizagens Essenciais de Domínio (DGE, 2018a, p. 11)
• Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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;

- Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.

A lecionação de processos bioquímicos, como os processos de obtenção de energia, articula conteúdos de outras áreas da ciência, como a Química. Assim sendo, algumas competências desenvolvidas na disciplina de Física e Química A no 10.º ano de escolaridade foram mobilizadas pelos alunos durante as aulas do PI, nomeadamente as abrangidas na AE "Explicar, no contexto de uma reação química, o que é um processo exotérmico e endotérmico" (DGE, 2018b, p. 12).

A compreensão dos processos de obtenção de energia por parte dos alunos é importante para o seu percurso académico, pois introduz a temática das reações de oxidação-redução, temática a explorar em Física e Química A no 11.º ano, como evidenciado nas AE da disciplina, onde se descreve a necessidade de promover "estratégias que envolvam aquisição de conhecimento, informação e outros saberes, relativos aos conteúdos das Aprendizagens Essenciais, que impliquem a mobilização dos conhecimentos de biologia do 10.º ano relativos a processos bioquímicos de oxidação-redução" (DGE, 2018c, p. 6).

2. Enquadramento Teórico

A EdC deve compreender três elementos essenciais: *aprender Ciência*, onde é adquirido o conhecimento conceptual e teórico; *aprender sobre Ciência*, onde é desenvolvida uma compreensão sobre a Natureza do Conhecimento Científico (NCC) e o MC, apreciada a sua história e desenvolvimento, conhecidas as complexas interações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, bem como enaltecidas as implicações pessoais, sociais e éticas de certas tecnologias; e, por último, *fazer Ciência*, onde é desenvolvida a experiência do questionamento científico e da resolução de problemas, fomentando a confiança dos alunos para responder a desafios e problemas do mundo real (Hodson, 2008).

Neste capítulo, procede-se à contextualização da metodologia de ensino das aulas integrantes do PI, o EOAI, através de uma revisão de literatura e a descrição das suas principais características. Além disso, seguindo a ordem da planificação das aulas do PI, caracterizam-se as estratégias de ensino de TPL e de modelação - quando aplicadas através do EOAI - e descreve-se a importância da utilização de uma abordagem histórica no EOAI. No segundo subcapítulo, é descrita a importância do EB através do EOAI, nomeadamente, na lecionação dos processos de obtenção de energia no 10.º ano de escolaridade, com o recurso a estratégias centradas no aluno.

2.1. Ensino orientado para a aprendizagem por investigação

O mundo natural é explicado pelos conhecimentos adquiridos através de métodos e processos desenvolvidos por cientistas. Esses conhecimentos resultam de observações e da obtenção de dados experimentais, e são avaliados em relação a evidências empíricas. Os manuais escolares apresentam o MC como sendo lógico, objetivo e impessoal, dando aos alunos a ideia de que toda a Ciência se realiza da mesma forma. Infelizmente, esta ideia é incorreta, como podemos observar em diversos casos ao longo da História da Ciência (HC). Existe, contudo, um objetivo comum na investigação em Ciência - todos os cientistas tentam melhorar a compreensão sobre o mundo natural, através da construção de explicações a partir do uso de dados, imaginação, lógica e avaliação pública (Bybee, 2006).

Fazer Ciência é uma atividade humana, pois os mesmos dados experimentais podem originar explicações diferentes quando interpretadas por diferentes cientistas. Deste modo, podemos admitir que necessitamos de munir os alunos de uma visão mais ampla

da investigação em Ciência e da NCC (Bybee, 2006). Em consonância, durante as últimas décadas, tornou-se fundamental no ensino e aprendizagem da Ciência envolver os alunos nos processos de pensamento que espelham as atividades dos cientistas, característica central do EOAI (National Research Council, 1996, 2012), desenvolvendo as suas competências investigativas (Lederman et al., 2014).

O EOAI pode ser definido como uma atividade multifacetada onde os alunos são envolvidos num questionamento científico, priorizando evidências científicas a partir das quais formulam respostas avaliadas à luz de explicações que refletem a compreensão científica, comunicando-as e justificando-as através de critérios científicos, como a qualidade das evidências e a clareza e robustez da teoria (National Research Council, 2000). Desta forma, é possível aos alunos desenvolver competências investigativas, como a observação, o questionamento, a investigação ou a resolução de problemas (Vasconcelos & Ribeiro, 2022).

É importante os educadores em Ciência compreenderem o EOAI, desenvolvendo as suas competências docentes através desta metodologia, para que aprendam a ensinar desta forma. O desenvolvimento profissional de professores deve focar-se: (i) em experiências de aprendizagem diferentes do tradicional e com mais oportunidades de trabalho colaborativo; (ii) em aspetos importantes da prática docente, como a organização e a apresentação do currículo em vigor; e (iii) numa reflexão sobre como os alunos podem compreender conceitos científicos através desta metodologia, ajudando-os a desenvolver competências de investigação (National Research Council, 2000).

No campo da EdC, o EOAI enquadra-se na teoria socio-construtivista (Dobber et al., 2017) e é descrita como eficaz no EC sempre que a orientação facultada aos alunos vai ao encontro das suas competências e aos objetivos de aprendizagem da aula (Gericke et al., 2023; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Os alunos envolvem-se no processo científico através da formulação de hipóteses, da criação de procedimentos laboratoriais e experimentais, da realização de experiências, da recolha e análise de dados, e da elaboração de conclusões, podendo todos estes passos fazer parte da investigação ou alguns destes serem previamente concedidos pelo professor (National Research Council, 2000; Riga et al., 2017).

Os processos de ensino e aprendizagem são conduzidos pelo professor, que tem a função de ser o agente facilitador, apto a dinamizar um desenvolvimento assistido que

faz com que o aluno aprenda a aprender, ou seja, com capacidade de autorregulação, autónomo e aprenda ao longo da vida (Deboer, 2006).

As aprendizagens prévias dos alunos devem ser ponderadas aquando do planeamento de uma investigação a ser efetuada em sala de aula, pois as explicações dos alunos para o acontecimento em estudo são baseadas nas suas preconceções (Bybee, 2006; National Research Council, 2000). Ou seja, numa investigação em contexto de sala de aula, deve-se considerar os requisitos essenciais para a sua realização, em relação ao conhecimento prévio dos alunos, de maneira que estes últimos sejam bem-sucedidos nas suas aprendizagens. Esta consideração usualmente compreende um ajuste do nível de orientação a ser fornecido durante a investigação (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

Desenvolver competências de investigação em alunos que pretendem exercer uma profissão dentro do ramo científico é essencial, mas não lhes são exclusivas. Alunos que não desejem seguir o ramo científico ou que queiram aventurar-se no mundo laboral aquando do fim da sua escolaridade obrigatória, também beneficiam destas competências, tornando-se cidadãos capazes de formular questões e de procurar respostas, de forma individual ou colaborativa, para resolver problemas. O desenvolvimento deste tipo de competências é, desta forma, crucial para o sucesso social e profissional dos jovens das gerações futuras (Deboer, 2006). A utilização do EOAI encoraja os alunos a tornarem-se mais independentes e autossuficientes tornando possível alcançar objetivos educacionais, como a capacidade de uma ação autónoma e com propósito no mundo (Deboer, 2006).

2.1.1. O EOAI e o trabalho prático laboratorial

Ensinar Ciência deverá ajudar os alunos a compreender um corpo de conhecimento científico já estabelecido, i.e., a *aprender Ciência*, mas também a desenvolver o entendimento sobre os métodos através dos quais esse conhecimento foi construído, i.e., a *aprender sobre Ciência*. Este último ponto, muitas vezes referido na literatura como a compreensão da NCC, inclui a compreensão de como o questionamento investigativo é conduzido, os diferentes tipos de conhecimento que os cientistas constroem, a reflexão que os cientistas fazem para conectar os dados e a sua explicação, e o papel da comunidade científica para verificar o novo conhecimento científico emergente (Millar, 2004).

O trabalho prático pode ser definido como todas as atividades que permitem aos alunos estarem ativamente envolvidos, tanto a nível psicomotor, cognitivo ou afetivo (Leite, 2001). Estes últimos conceitos são referidos no PASEO como capacidades, conhecimentos e atitudes que, no seu conjunto, são designados como competências, devendo ser trabalhadas nos alunos pelos professores (Martins et al., 2017). O TPL inclui atividades que envolvem a utilização de materiais laboratoriais dentro de um laboratório que ofereça as condições de segurança necessárias. O trabalho prático experimental, por sua vez, inclui atividades onde existe o controlo e manipulação de variáveis - que podem ser tanto laboratoriais, como de campo - e permite, por exemplo, estudar a influência de um certo fator num dado fenómeno ou estabelecer relações entre variáveis (Leite, 2001). As relações entre estes conceitos estão descritas abaixo na Figura 1.



Figura 1 - Relação entre atividades práticas, laboratoriais e experimentais (Retirado de Leite, 2001, p. 79).

O TPL afirmou-se como uma parte importante do EC no século XIX, momento em que disciplinas que abordavam diferentes áreas da Ciência começaram a integrar os currículos de diversos países. Ao longo da segunda metade do século XX, a prevalência de uma visão indutivista de que as ideias dos alunos emergem automaticamente após a observação de um evento foi substituída por um EC dedutivista. No final do século XX, introduziu-se o MC como a principal característica do EC, realçando a importância do TPL orientado para a resolução de problemas, pois os alunos devem ter experiências de atuação sobre o mundo, à luz de uma teoria ou modelo, e observar os resultados (Leite, 2001). Apenas desta forma é que são compreendidas as representações teóricas que explicam e preveem os eventos do mundo natural (Millar, 2004).

Em contexto laboratorial, apenas são consideradas investigações as atividades práticas em que os alunos: (i) são confrontados com uma situação problemática que exija que façam previsões acerca da mesma; (ii) planifiquem uma ou mais estratégias de resolução e lhes permitam testá-las; (iii) implementem essas estratégias; e (iv) analisem os dados recolhidos com o objetivo de tentar encontrar a solução do problema, que poderá ou não ser concordante com as previsões iniciais. Contudo, apesar dos alunos apenas espelharem o trabalho dos cientistas, as investigações são as atividades laboratoriais que apresentam maior capacidade de desenvolver, não só uma imagem adequada dos processos de construção de conhecimento, mas também de permitir aos alunos aprenderem a *fazer Ciência* (Leite, 2001).

Embora o TPL seja uma estratégia reconhecida no EC, "não o devemos usar nem por tradição nem por obrigação, mas sim se ele servir para melhorar a qualidade da aprendizagem que, sem ele, proporcionamos aos alunos" (Leite, 2001, p. 93). Os cidadãos de uma sociedade moderna necessitam desta compreensão da NCC de forma a manterem-se esclarecidos e críticos nas suas decisões diárias (Millar, 2004).

2.1.2. O EOAI e a modelação

As teorias científicas são explicações das observações realizadas por cientistas, com importância na concretização de futuras investigações (Abd-El-Khalick, 2006). Os modelos podem ser usados como a representação dos processos que as teorias científicas explicam (Justi & Van Driel, 2005), de forma a comunicar e compreender os fenómenos em estudo, criando uma ligação entre as teorias e o mundo natural (Gilbert & Justi, 2016).

Os modelos são uma peça fundamental no EC para os alunos compreenderem o MC e a construção do conhecimento científico, sendo importantes para os três elementos essenciais da EdC, ao ajudar os alunos a: (i) *aprender Ciência*, reconhecendo que os modelos são produtos da Ciência; (ii) *aprender sobre Ciência*, desenvolvendo uma compreensão da NCC e a (iii) *fazer Ciência*, através da criação e testagem dos seus próprios modelos (Justi & Gilbert, 2002; Torres & Vasconcelos, 2015).

Na sala de aula, os modelos são utilizados para auxiliar os processos de ensino e aprendizagem e contextualizar o conteúdo científico a lecionar a partir do estabelecimento ou reorganização dos modelos mentais dos alunos, sendo um

importante instrumento para a deteção e alteração de conceções erróneas (Gilbert & Justi, 2016).

Os educadores em Ciência utilizam a interpretação de modelos, nomeadamente os biológicos, de forma a desenvolver a literacia visual dos alunos, mas também porque o raciocínio baseado em modelos é essencial para o processo científico, fomentando competências investigativas e não de memorização, para ensinar a nova geração de cientistas e cidadãos (Quillin & Thomas, 2015).

2.1.3. A abordagem histórica no EOAI

A ideia central da utilização de cenários históricos no EC é a expansão da compreensão dos alunos em relação a conceitos e teorias científicas, de forma a promover o interesse em Ciência e fomentar o conhecimento histórico (Heering & Höttecke, 2014). Apresentar a perspetiva histórica de um conteúdo científico a lecionar deverá melhorar a aprendizagem dos alunos e ajudá-los a atingir uma compreensão e uma reflexão sobre a temática em questão que dificilmente é realizada de outra forma (Hodson, 2008).

Matthews (2014) apresenta seis motivos para o uso de uma abordagem histórica no EC: (i) facilita uma melhor compreensão de conceitos e do MC; (ii) ajuda na conexão entre o pensamento e reflexão individual com o desenvolvimento de ideias científicas; (iii) familiariza os alunos com descobertas cientificas; (iv) humaniza os assuntos científicos, tornando-os menos abstratos e mais cativantes; (v) conecta tópicos e disciplinas científicas com outras disciplinas académicas; e (vi) exibe a natureza integrante e interdependente das conquistas humanas.

A HC providencia uma reflexão sobre a NCC e a investigação em Ciência, mostrando que o conhecimento científico é refutável e, portanto, está constantemente em desenvolvimento e sujeito à mudança. Além disso, evidencia que a Ciência não é construída num vácuo intelectual, social e cultural, mas sim num clima de constante crítica e debate, sujeito a forças económicas e políticas e, comumente, dependente (ou até resultante) da inovação tecnológica (Hodson, 2008). A NCC melhora a aprendizagem do conteúdo científico, gera o interesse em Ciência e desenvolve a capacidade dos alunos de tomarem decisões informadas em relação a problemas do quotidiano baseados na consideração cuidadosa de evidências (Hodson, 2014).

A referência a momentos históricos de consenso na comunidade científica em relação à explicação de ideias científicas importantes poderá ser necessária para explorar o

papel da comunidade científica no estabelecimento de ideias como conhecimento. Ou seja, poderá ser importante para os alunos terem a oportunidade de considerar alguns exemplos sobre o processo de chegar a um consenso (Millar, 2004).

O recurso à HC na sala de aula reforça o papel do método de construção do conhecimento científico, e de como não existe um MC universal, simples e direto de conduzir investigações em Ciência (Hodson, 2008). Ao dirigir a atenção para a forma como as evidências são recolhidas, processadas e analisadas, e como o trabalho científico é reportado e disseminado, é possível ajudar os alunos no desenvolvimento de um dos aspetos mais importantes da literacia científica (Hodson, 2014). A literacia científica de um cidadão traz vantagens a nível individual, saliente-se melhores oportunidades de emprego e uma melhor preparação para lidar com os problemas do quotidiano de uma sociedade cada vez mais dominada pela tecnologia e inovação, mas também a nível social, realce-se a promoção da democracia e da cidadania responsável (Hodson, 2014).

2.2. O ensino da Biologia através do EOAI

O EB através do EOAI no ensino secundário facilita o desenvolvimento de competências valiosas na formação de cidadãos no mundo atual. Em contexto de sala de aula, o uso da investigação no ensino e aprendizagem da Biologia fomenta o interesse, a persistência, a tomada de decisões, a adaptabilidade e a literacia científica dos alunos (Dorfman et al., 2020). Estas competências são referidas como as principais contribuições do EOAI para a vida dos cidadãos adultos no estudo de Dorfman et al. (2020), que se debruçou sobre as influências do EB através do EOAI a longo prazo.

O uso de uma investigação menos orientada pelo professor no EB torna os alunos mais envolvidos no trabalho realizado em sala de aula, e desenvolve um maior sentido de cooperação entre pares, em comparação com a utilização de uma investigação mais orientada. Desta forma, é possível providenciar aos alunos uma maior autonomia, um pensamento de ordem superior e uma compreensão mais profunda dos conteúdos científicos lecionados (Sadeh & Zion, 2012).

2.2.1. O ensino dos processos de obtenção de energia através do EOAI

No ensino de processos bioquímicos, como a fermentação e a respiração aeróbia, é importante integrar conteúdos da Química, apreendidos na disciplina de Física e

Química A, criando uma ponte entre disciplinas - a interdisciplinaridade (Sörensen, 2023). Os processos de obtenção de energia são considerados um dos tópicos mais difíceis de ensinar por parte de professores em formação (Gungor & Ozhan, 2017) e por professores em exercício de atividade (Songer & Mintzes, 1994).

Usualmente, os alunos recorrem à memorização na aprendizagem das várias etapas da fermentação e da respiração aeróbia, pois consideram-nas abstratas e difíceis de compreender (Briggs et al., 2009). As maiores dificuldades no ensino dos processos de obtenção de energia devem-se a uma ampla variedade de conceções alternativas desenvolvidas anteriormente à experiência de aprendizagem que normalmente persistem após instrução, provavelmente devido ao baixo nível de cognição abstrata dos alunos, e mantêm-se dessa forma ao longo da escolaridade obrigatória e do ensino superior (Ross et al., 2008).

As atividades práticas em temáticas como os processos de obtenção de energia devem desenvolver competências como a observação, a análise de dados, a manipulação de equipamentos e a comunicação (Ragsdale & Pedretti, 2004), elementos característicos do EOAI. O TPL experimental deve ser implementado de acordo com as AE desta temática. As competências desenvolvidas com esta estratégia são importantes no momento que os alunos realizarem o exame nacional da disciplina de Biologia e Geologia no 11.º ano, no qual é sempre contemplada a compreensão de estudos experimentais (e.g. Instituto de Avaliação Educativa, 2022, 2023, 2024), através da interpretação das variáveis dependente e independente, e de controlo (Dourado, 2001). Os trabalhos práticos são fundamentais em contexto escolar, pois permitem que os alunos consolidem e mobilizem conceitos teóricos, aplicando-os não apenas numa vertente de instrução académica, mas também com uma finalidade útil, com relevância no dia-a-dia, constituindo o alicerce de uma formação científica (Figueiroa, 2014).

As estratégias utilizadas no ensino e aprendizagem desta temática devem encurtar a distância entre a escala molecular e a escala macroscópica, tais como o uso de modelos e analogias como meio de facilitar a aprendizagem, pois estas desenvolvem as competências criativas e cognitivas dos alunos (Ross et al., 2008).

Dito isto, uma seleção de estratégias que desafia os alunos a desenvolver várias competências e a fazer uso delas, permite um ensino mais dinâmico da Biologia, onde se valoriza a vontade dos alunos para saber e para saber fazer. Estes aspetos são ainda mais pertinentes em conteúdos de difícil compreensão, como os processos de obtenção de energia.

3. Intervenção Pedagógica

A intervenção pedagógica descrita foi implementada numa escola básica e secundária do município de Matosinhos, numa turma de 10.º ano de escolaridade. Este capítulo descreve a planificação e a caracterização das aulas que incorporaram o PI.

3.1. Planificação e recursos educativos

Planificar e tomar decisões sobre como ensinar são alguns dos aspetos mais importantes da profissão docente, pois estes irão determinar o que é ensinado nas escolas e como é ensinado (Arends, 2015).

Duchastel & Brown (1974) comprovaram que planificar melhora os processos de ensino e aprendizagem e o comportamento dentro da sala de aula, através do uso de objetivos que focam os alunos durante os momentos de aprendizagem. Estudos recentes na área defendem a utilização de planificações centradas no aluno, através da criação de oportunidades para desenvolver experiências de aprendizagem intrinsecamente relacionadas com os seus interesses e as suas necessidades (Arends, 2015).

A planificação geral das aulas que integraram o PI encontra-se no Apêndice 1, e abrange nove aulas de 50 minutos, agregadas em três com uma duração de 100 minutos e uma de 150 minutos. Na planificação detalhada de cada aula (Apêndice 2), descrevem-se as estratégias empregues pela professora-investigadora, os objetivos e finalidades a atingir com as aulas, e os recursos educativos utilizados. Recorreu-se a apresentações de diapositivos (documentos *powerpoint*) e fichas de trabalho, bem como ao relatório em V de Gowin, um *snapshot*, o registo em desenho, sendo que estes três últimos serviram, adicionalmente, como instrumentos de recolha de dados.

3.2. Caracterização das aulas

O PI apresentado neste documento pretendeu promover competências investigativas nos alunos, fomentando o desenvolvimento da literacia científica e a colaboração entre pares, tendo sido construídos recursos educativos que permitissem cumprir com esta pretensão. Para incentivar a reflexão dos alunos sobre a NCC e do MC, as aulas foram desenvolvidas de modo a implementar alguns elementos característicos do EOAI.

Aula 1 (100 minutos)

Na primeira aula, os alunos foram divididos em seis grupos de quatro alunos. Metade dos grupos formados pertencia ao primeiro turno e a outra metade ao segundo turno (os turnos correspondem à divisão da turma numa aula semanal). Nesta aula de cariz teórico-prático, introduziu-se o processo de fermentação através da exploração de um documento *powerpoint* (Apêndice 3), e discutiu-se com a turma a disputa entre Louis Pasteur (1822-1895) e Justus von Liebig (1803-1873) para a compreensão do processo de fermentação, importante para os alunos entenderem algumas características da NCC (Figura 2A). Ao longo deste momento inicial da aula, foram incorporados vários momentos de questionamento, de modo a obter *feedback* sobre o sucesso dos processos de ensino e aprendizagem a decorrer. Em seguida, os alunos foram questionados sobre o MC, através do uso de um documento *powerpoint* (Apêndice 4), de forma a recuperar algumas aprendizagens, nomeadamente sobre a definição de grupo controlo e o papel das variáveis (dependente e independente) numa atividade experimental, necessárias para completarem a tarefa seguinte (Figura 2B).

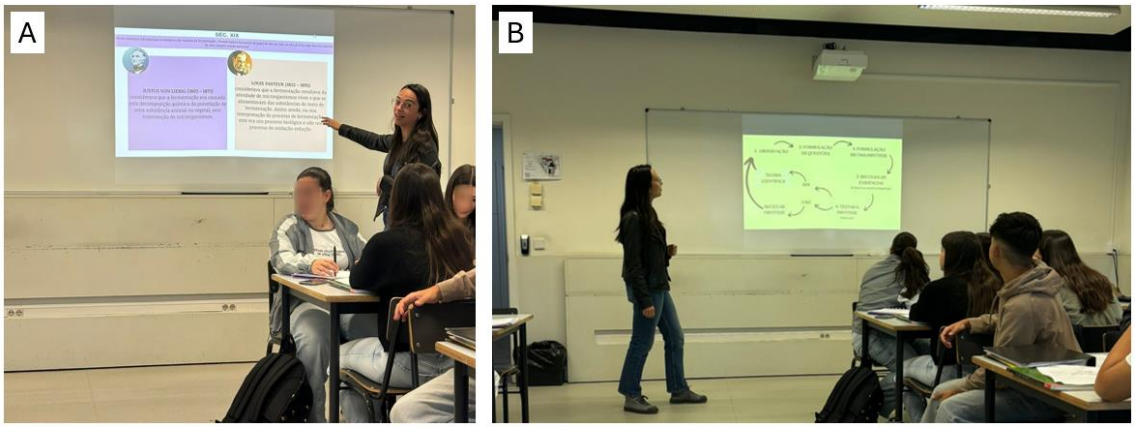


Figura 2- A) Discussão sobre um episódio da HC relativamente aos conteúdos lecionados. B) Recuperação de aprendizagens relativamente ao MC.

Em turma, sob a orientação da professora-investigadora, os alunos elaboraram hipóteses para responder às questões-problema que iriam testar na aula prática seguinte, relativamente à influência de três variáveis diferentes no processo de fermentação: (i) a presença/ausência de açúcar no meio; (ii) a temperatura do meio e (iii) a concentração de açúcar no meio.

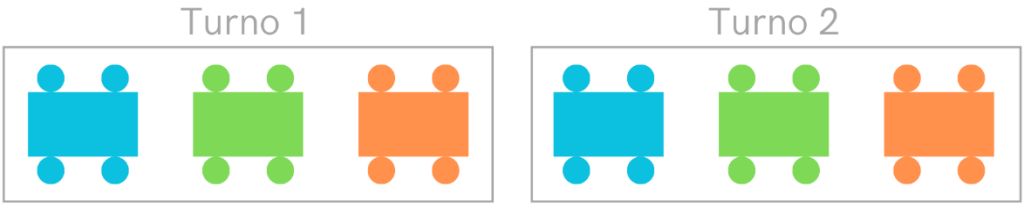


Figura 3- Distribuição de cada procedimento a realizar pelos grupos. Os grupos representados elaboraram um procedimento experimental que permitiu testar uma das seguintes variáveis: (i) a influência da presença/ausência de açúcar no meio, a azul; (ii) a influência da temperatura do meio, a verde; e (iii) a influência da concentração de açúcar no meio, a laranja.

Em seguida, para testar as hipóteses construídas, cada grupo dos dois turnos trabalhou, respetivamente, na elaboração de um procedimento prático experimental sobre uma das três variáveis acima enumeradas (Figura 3), iniciando o preenchimento do V de Gowin disponibilizado (Apêndice 5, 6, 7). Foi facultada aos grupos uma lista de material a utilizar. Aqui, a professora assumiu o papel de facilitadora de aprendizagens, circulando entre todos os grupos e orientando o seu trabalho (Figura 4). A aula terminou com a discussão e debate em turma, com moderação da professora-investigadora, relativamente aos procedimentos práticos experimentais desenvolvidos. Cada grupo partilhou o seu procedimento e foram discutidos pormenores e realizados os ajustes necessários a cada um.



Figura 4- Elaboração dos procedimentos práticos experimentais em grupos, de forma a testar a hipótese construída anteriormente.

Aula 2 (150 minutos)

A segunda aula iniciou-se com a elaboração de um esquema no quadro sobre a fermentação (lática e alcoólica) através do recurso ao questionamento dos alunos, para recuperar as aprendizagens da primeira aula (Figura 5A). Em seguida, em grupo, os alunos colocaram em prática o procedimento elaborado na aula anterior (Figura 5B). A

realização da atividade prática experimental incentivou a autonomia e o desenvolvimento do raciocínio científico dos alunos, através do trabalho colaborativo.

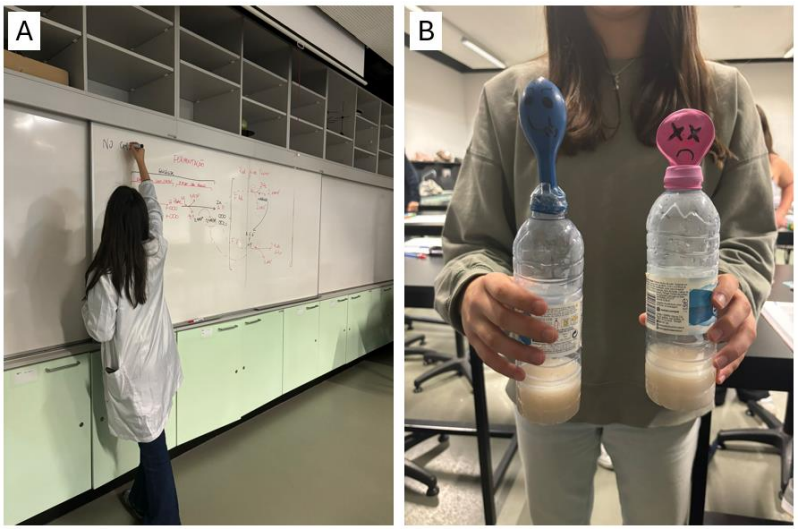


Figura 5- A) Esquematização do processo de fermentação através do questionamento dos alunos. B) Realização dos procedimentos práticos experimentais construídos pelos grupos.

Cada grupo concluiu o preenchimento do V de Gowin iniciado na aula anterior (Figura 6A). No final da aula, cada grupo partilhou as conclusões do seu trabalho com os colegas do turno e a veracidade da hipótese elaborada na primeira aula. A professora-investigadora assumiu o papel de moderadora através do incentivo ao questionamento e à participação de todos na discussão dos trabalhos (Figura 6B). Para trabalho de casa, os discentes realizaram uma ficha de trabalho sobre os acontecimentos importantes da HC relacionados com a temática lecionada (Apêndice 8).



Figura 6- A) Preenchimento do V de Gowin por parte dos grupos. B) Partilha e discussão dos resultados obtidos por cada grupo.

Aula 3 (100 minutos)

A terceira aula introduziu conceitos relativos a um diferente processo de obtenção de energia nos seres vivos, a respiração aeróbia. A aula foi planificada segundo o MC, ao desafiar a turma a elaborar e testar uma hipótese de forma a concluir sobre a veracidade da mesma. No início da aula, realizou-se uma revisão do processo de fermentação através de um *brainstorming*, seguida da elaboração de uma hipótese cujo objetivo seria testar o rendimento dos processos de obtenção de energia. Posteriormente, passou-se à lecionação do processo de respiração aeróbia por etapas (Figura 7A), através de um documento *powerpoint* (Apêndice 9) com os alunos (distribuídos por grupos) a realizarem uma ficha de trabalho (Apêndice 10) sobre este processo de obtenção de energia. Através do trabalho colaborativo, os alunos identificaram os organelos celulares onde ocorrem as várias etapas, elaboraram e interpretaram equações químicas de várias reações que ocorrem ao longo do processo e concluíram que a respiração aeróbia é um processo de obtenção de energia mais rentável do que a fermentação (Figura 7B). Deste modo, os alunos mobilizaram vários conhecimentos de Química para a realização da atividade.

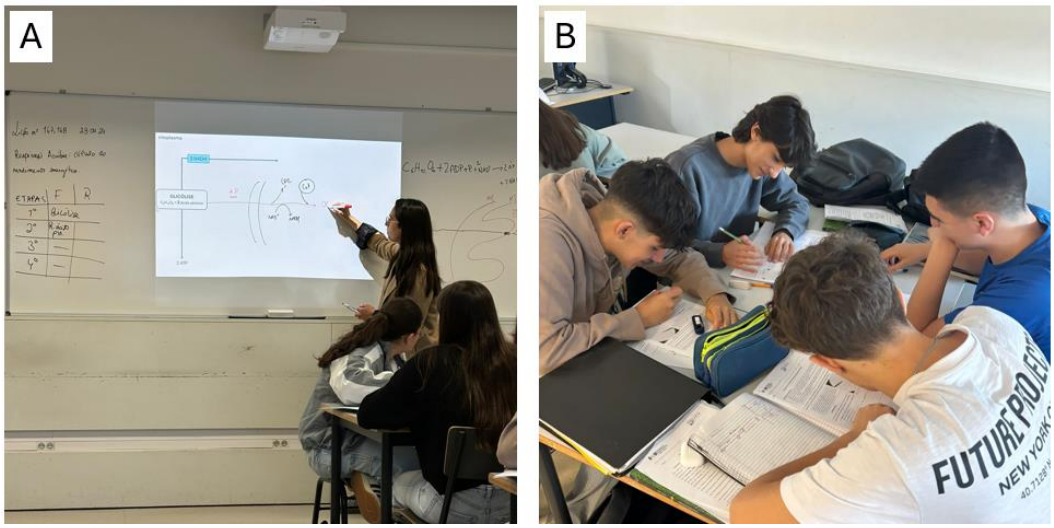


Figura 7- A) Explicação de uma das etapas da respiração aeróbia. B) Realização da ficha de trabalho da aula, em grupo, de modo a validar a hipótese construída em turma no início da aula.

Aula 4 (100 minutos)

A última aula iniciou-se com uma revisão sobre a respiração aeróbia, com o recurso à estratégia de *brainstorming*, para recuperar as aprendizagens da aula anterior. Em seguida, procedeu-se à correção da ficha de trabalho que tinha sido enviada para trabalho de casa na Aula 2.

Posteriormente, os alunos, individualmente, elaboraram desenhos (Apêndice 11) sobre os processos de obtenção de energia. Por fim, realizaram um *snapshot* (Apêndice 12) que visava obter informação sobre: (i) sobre a metodologia e estratégias de ensino utilizadas nas aulas da intervenção pedagógica da professora-investigadora, e (ii) sobre a aprendizagem de acontecimentos da HC e o seu impacto na compreensão do MC e da NCC (Figura 8).

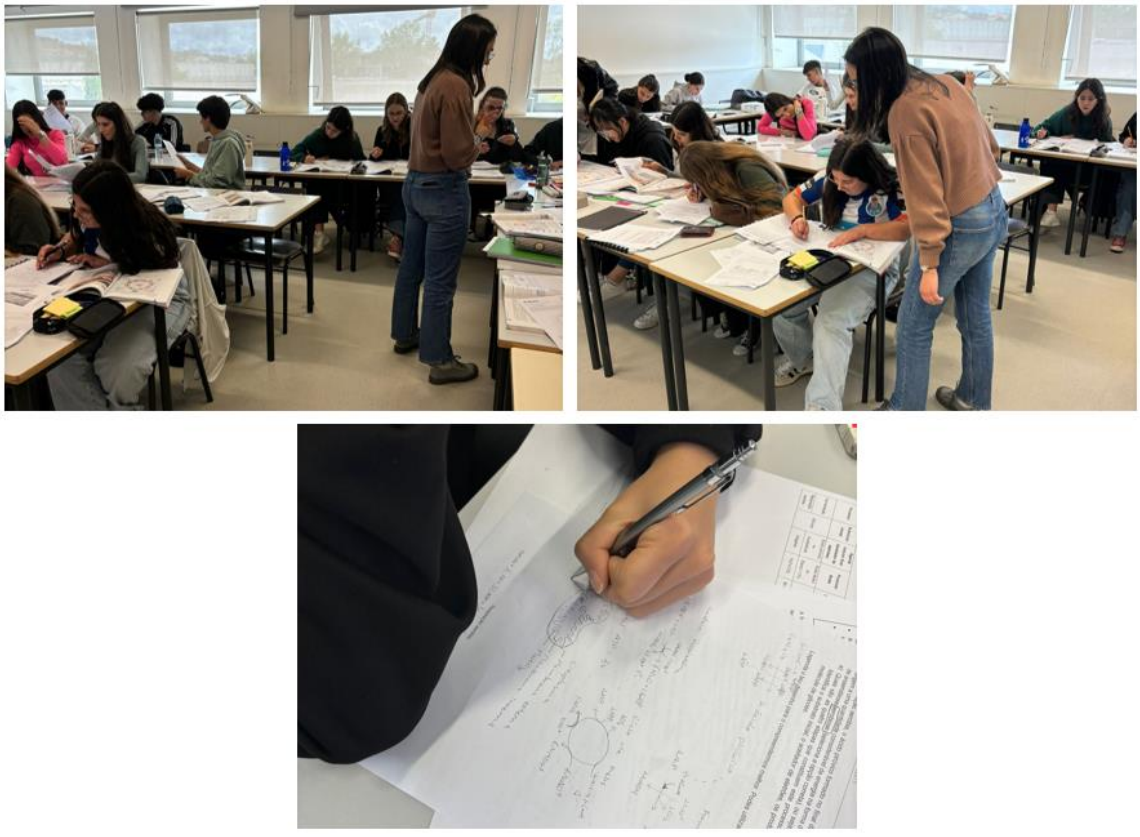


Figura 8- Elaboração dos desenhos e dos *snapshots* sobre os processos de obtenção de energia.

4. Metodologia de investigação

Neste capítulo, explicitam-se as principais características da metodologia de investigação utilizada, a I-A, descrevem-se o problema e os objetivos de investigação, e faz-se a caracterização da amostra. As técnicas e instrumentos de recolha de dados usados são descritos no quarto subcapítulo, e a validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados são explicados no quinto subcapítulo. No final, são apresentadas as questões de ética em torno da presente investigação.

A investigação descrita neste documento apoiou-se na utilização de instrumentos de recolha de dados que permitiram a obtenção de dados qualitativos e quantitativos.

4.1. Investigação-Ação

A I-A engloba qualquer investigação sistemática conduzida por um professor-investigador, diretores, ou outros membros da comunidade escolar para recolher informação sobre como a sua escola em particular opera, como se ensina e como os seus alunos aprendem. A informação é recolhida com o objetivo de desenvolver uma prática reflexiva e melhorar positivamente o ambiente escolar, as práticas educacionais, e os resultados dos alunos (Gay et al., 2023).

A origem desta metodologia de investigação remonta aos anos 40 do século XX e foi iniciada por Kurt Lewin que, após uma série de experiências práticas, descreveu a metodologia como um processo que “dá crédito ao desenvolvimento de um pensamento reflexivo, discussão, decisão e ação a pessoas que participam em investigação” (Adelman, 1993, p. 8).

A I-A é uma metodologia de investigação utilizada por professores para eles próprios, sem ser imposto por outra pessoa, e envolve o professor-investigador num processo de quatro etapas que inclui: (i) planificar, (ii) atuar, (iii) observar e (iv) refletir (Coutinho, 2018; Mills, 2014). Esta última etapa envolve uma reflexão sobre os resultados obtidos, que incita uma recontextualização do problema e a delineação de um novo plano, repetindo-se o ciclo (Figura 9). A interpretação dos dados obtidos na realização do novo ciclo em espiral considera o conhecimento adquirido no ciclo anterior e assim sucessivamente (Coutinho, 2018).

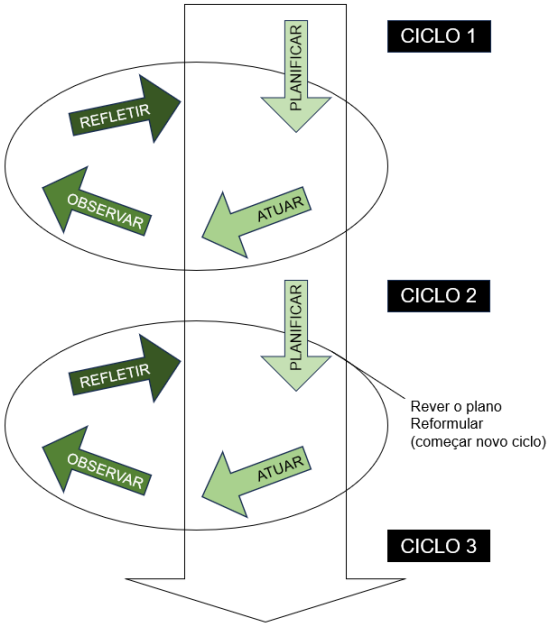


Figura 9- Espiral de ciclos da Investigação-Ação (Adaptado de Coutinho, 2018, p. 369).

Com a planificação de uma investigação através da I-A, é possível: (i) descrever e perceber os efeitos da intervenção educacional através de métodos qualitativos, (ii) testar hipóteses e fazer análises numéricas através de métodos quantitativos, e (iii) combinar esta recolha de dados numa única investigação através da combinação do método qualitativo e quantitativo numa investigação mista (denominada de *mixed-methods research* na literatura científica) (Mills, 2014).

4.1.1. O professor-investigador

Ao efetuar uma investigação através desta metodologia, o professor-investigador desenvolve soluções para os seus próprios problemas através de uma prática reflexiva. A disposição profissional de um professor-investigador é encapsulada na sua vontade de desafiar as assunções garantidas como certas que influenciam a sua prática profissional. Ao modelar o processo da I-A para os seus alunos é possível, ao professor-investigador, desenvolver-se profissionalmente e desmitificar o processo. Quanto aos alunos, são testemunhas no desenvolvimento de um projeto emergente através da metodologia de I-A que os envolve no processo de recolha de dados. Além disso, observam um professor empenhado a melhorar o seu processo de ensino (Mills, 2014).

A I-A contribui para que o professor-investigador caminhe em direção da emancipação profissional que pretende, pois incentiva-o a examinar as dinâmicas existentes dentro da sala de aula, ponderar as ações e interações dos alunos, validar e desafiar práticas existentes e tomar riscos durante o processo, exercitando um ensino reflexivo. Quando um professor-investigador ganha nova compreensão sobre o seu comportamento e dos seus alunos através da I-A, este é empoderado para tomar decisões informadas sobre o que mudar e o que não mudar, conectando conhecimentos prévios com a nova informação, aprendendo através da experiência, questionando e sistematicamente encontrando respostas. As finalidades que os professores pretendem atingir nas suas aulas são uma razão poderosa para praticar a I-A, encontrando soluções para problemas e melhorando a sua prática e os resultados dos seus alunos (Gay et al., 2023).

O ensino reflexivo é uma prática reconhecida como essencial no desenvolvimento profissional de professores, nomeadamente de professores em formação, para tornarem a sua prática profissional mais efetiva através da prática do ensino, mas também através da reflexão sobre a mesma (Loughran, 2002).

4.2. Problema e objetivos de investigação

A realização da investigação descrita neste documento visa avaliar se a utilização do EOAI promove o desenvolvimento de competências investigativas e auxilia os alunos na compreensão dos processos de obtenção de energia no 10.º ano de escolaridade de Biologia e Geologia.

De forma a responder ao problema de investigação descrito acima e orientar a aplicação do PI, foram definidos três tipos de objetivos investigacionais: científicos, educacionais e profissionais, que se encontram descritos no Quadro 2.

Quadro 2- Objetivos científicos, educacionais e profissionais do PI.

	Objetivos
Objetivos Científicos	• Promover a compreensão da fermentação e da respiração aeróbia como processos dependentes do metabolismo dos seres vivos; • Fomentar o reconhecimento da equação química da fermentação (alcoólica e lática) e respiração alcoólica; • Desenvolver a identificação das etapas do processo de fermentação e da respiração aeróbia, relacionando-as com a ultraestrutura das células procarióticas e eucarióticas; • Promover a identificação das variáveis dependente e independente, e a compreensão da função do controlo numa atividade prática experimental.
Objetivos Educacionais	• Promover o raciocínio científico e a literacia científica através do EOAI na disciplina de Biologia e Geologia; • Desenvolver competências investigativas e o trabalho colaborativo nos alunos através do EOAI aliado às estratégias de trabalho prático e modelação na disciplina de Biologia e Geologia; • Promover uma reflexão sobre o MC e a natureza do conhecimento científico nos alunos, através da utilização da HC e do EOAI. • Fomentar o gosto pela Ciência através do uso do TPL e da modelação na disciplina de Biologia e Geologia.
Objetivos Profissionais	• Desenvolver competências através do uso e aplicação do EOAI; • Construir competências no âmbito da investigação em EdC; • Promover a emancipação profissional docente, através de uma ação participativa e refletiva.

4.3. Caracterização da amostra

O PI foi implementado numa turma de 10.º ano de escolaridade de uma escola básica e secundária do município de Matosinhos, com 24 alunos e idades compreendidas entre os 14 (37,5%) e os 15 (62,5%), com uma média de idades de 14,7 anos. Nesta turma, 18 elementos são do género feminino (75%) e 6 elementos são do género masculino (25%). Em relação à nacionalidade dos participantes, 21 são portugueses, 1 é brasileiro, 1 é chinês e 1 é francês. No que diz respeito ao aproveitamento escolar, nenhum aluno apresenta registo de uma retenção ao longo do seu percurso escolar.

De acordo com Cohen et al. (2017), esta turma servirá como amostra de conveniência, pois, tendo em conta que se trata de uma turma a cargo do núcleo de estágio de Biologia e Geologia da IPP e PES, não poderá representar qualquer grupo além de si mesmo. Assim sendo, não é representativa da população e nenhuma generalização poderá ser realizada, apenas poderá ser possível obter indicadores para os parâmetros avaliados.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

De forma a responder ao problema de investigação deste estudo, foi selecionada a análise de registos como técnica de recolha de dados.

A análise de registos, também referida na literatura científica como análise de documentos ou análise documental, refere-se à análise de documentos escritos que se constituem como uma boa fonte de informação e é centrada na perspetiva do investigador (Traqueia et al., 2021). Neste estudo, foram utilizados o relatório V de Gowin, o registo em desenho e um *snapshot*, os quais, cumulativamente, foram utilizados na sala de aula como recursos educativos. A validade e fidelidade dos instrumentos foi assegurada antes da aplicação dos mesmos.

Os instrumentos de recolha de dados permitiram obter informação relativa aos vários objetivos de investigação definidos. Os de tipologia educacional e profissional foram considerados nos três instrumentos utilizados. A relação entre os objetivos investigacionais científicos e cada instrumento de recolha de dados encontram-se mencionados nas descrições no Quadro 3.

Quadro 3 - Instrumentos de recolha de dados e os respetivos objetivos investigacionais científicos.

Instrumento de recolha de dados	Objetivo investigacional científico
V de Gowin	(i) Promover a compreensão da fermentação como um processo dependente do metabolismo dos seres vivos; (ii) Verificar a identificação das etapas do processo de fermentação, relacionando-as com a ultraestrutura das células procarióticas e eucarióticas; (iii) Averiguar a identificação das variáveis dependente e independente, e a compreensão da função do controlo numa atividade prática experimental.
Desenhos	(i) Promover a compreensão da fermentação e da respiração aeróbia como processos dependentes do metabolismo dos seres vivos; (ii) Apurar o reconhecimento da equação química da fermentação (alcoólica e lática) e respiração alcoólica; (iii) Verificar a identificação das etapas do processo de fermentação e da respiração aeróbia, relacionando-as com a ultraestrutura das células procarióticas e eucarióticas.
Snapshot	(i) Promover a compreensão da fermentação e da respiração aeróbia como processos dependentes do metabolismo dos seres vivos; (ii) Verificar a identificação das etapas do processo de fermentação e da respiração aeróbia, relacionando-as com a ultraestrutura das células procarióticas e eucarióticas.

4.4.1. V de Gowin

Neste estudo, o relatório do TPL experimental realizado incidiu numa investigação, ou seja, não foi fornecido um protocolo aos alunos. Deste modo, surgiu a oportunidade destes descreverem a atividade a realizar e as decisões que foram tomando ao longo do processo, bem como justificar as conclusões que dela retiraram (Leite, 2001).

O V de Gowin é composto por campos que interagem uns com os outros, e, ao longo da sua realização, os alunos tornam-se profundamente envolvidos no processo de aprendizagem de novos conteúdos. A ala conceptual do V de Gowin conduz os alunos em direção ao entendimento do conhecimento descrito na ala metodológica. Deste modo, um professor é capaz de realizar um planeamento de aula que abrange componentes conceptuais e metodológicas para motivar de forma ativa os alunos, enquanto proporciona um ambiente favorável à aprendizagem (Gowin & Alvarez, 2005).

No caso desta investigação, para apurar o desenvolvimento de competências investigativas nos alunos, foi sugerido o estudo da influência de três variáveis diferentes na realização da fermentação. Assim sendo, em cada turno, os grupos de alunos trabalharam para validar uma de três hipóteses, que respondia a uma questão-problema diferente dos restantes grupos.

Os V de Gowin relativos a cada variável (Apêndice 5, 6, 7) foram preenchidos em grupo, durante a primeira e segunda aula da intervenção pedagógica e, posteriormente, corrigidos e classificados segundo critérios de correção definidos, numa escala de 100 pontos percentuais. Os alunos preencheram seis campos, descritos no Quadro 4.

Quadro 4- Campos do V de Gowin preenchidos pelos alunos, os objetivos a cumprir em cada um e respetiva cotação (em pontos).

Campo do V de Gowin	**Objetivo a cumprir no campo do V de Gowin**	**Cotação (pontos)**
Conceitos	Enumeração de conceitos sobre a investigação realizada	10
Acontecimentos/Material	Descrição do procedimento elaborado e do material utilizado	20
Registos	Descrição das observações obtidas	15
Transformações	Interpretação factual dessas observações	15
Juízo Cognitivo	Preenchimento da resposta à questão orientadora do V de Gowin	20
Juízo de Valor	Reflexão sobre a investigação realizada	20

4.4.2. Desenhos

O uso de desenhos como recurso educativo é positivo, nomeadamente, pelo papel ativo dos alunos, pelo ênfase que é possível aplicar nas relações espaciais do processo

representado (Cromley et al., 2020), e pelo desenvolvimento da literacia visual dos alunos através do uso da estratégia de modelação (Quillin & Thomas, 2015).

Van Meter e Garner (2005) concluíram que a utilização de desenhos incentiva o desenvolvimento de aprendizagens de ordem superior, especialmente a inferência, e Fiorella e Zhang (2018) concluíram que desenvolve a compreensão e é mais efetiva do que o uso de recursos educacionais baseados apenas em textos e leitura. Ainsworth et. al. (2011) enunciaram cinco razões pelo qual o desenho deve ser reconhecido a par da leitura e escrita como um elemento chave na EdC, pois: (i) aumenta a capacidade dos alunos explorarem e justificarem a sua compreensão da Ciência e a sua motivação; (ii) desenvolve a aprendizagem de representações científicas nos alunos; (iii) incentiva a criação de modelos por parte dos alunos e ajuda-os a argumentar; (iv) a sua utilização serve como ferramenta de aprendizagem; e (ii) fomenta as competências de comunicação dos alunos.

Neste estudo, pretendeu-se que os alunos exercessem um papel ativo na aprendizagem e elaborassem um desenho, utilizando papel e lápis. Para tal, os alunos selecionaram a informação que pretendiam incluir nos desenhos a partir de materiais (documentos *powerpoint* e fichas de trabalho facultados pela professora, apontamentos das aulas, entre outros) à sua disposição. Os desenhos realizados pretenderam avaliar as representações científicas dos alunos em relação aos processos de obtenção de energia, a fermentação (lática e alcoólica) e a respiração aeróbia. Na introdução da ficha de trabalho dos desenhos (Apêndice 11), a professora-investigadora nomeou uma série de conceitos relacionados com a temática para os alunos identificarem nos dois desenhos. A implementação deste instrumento de recolha de dados deu-se na última aula do PI, de modo a aferir se os alunos atingiram os objetivos propostos para esta investigação.

4.4.3. Snapshot

Um *snapshot* é definido como um pequeno relatório que relata o trabalho efetuado ao longo de uma ou várias aulas (Vasconcelos & Pinto, 2023). Num estudo realizado por Vasconcelos & Pinto (2023), o *snapshot* foi realizado pelos alunos em grupo, no final da intervenção, e representou um esforço metacognitivo para sintetizar informação, colaborar, melhorar as competências de pensamento crítico e a comunicação escrita.

O *snapshot* implementado nesta investigação era composto por quatro questões (Apêndice 12) e pretendeu recolher informação sobre as perceções dos alunos em relação às suas aprendizagens e às aulas realizadas, de forma a reunir *feedback* construtivo para ajudar a professora-investigadora a melhorar as suas futuras intervenções utilizando a mesma metodologia de ensino. Além disso, o *snapshot* incorporou uma componente da HC, uma vez que esta integra as orientações dos documentos curriculares em vigor.

4.5. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

Para as interpretações de dados por parte dos investigadores terem valor, devem ser garantidas a validade e fidelidade dos seus instrumentos de recolha de dados (Gay et al., 2023).

A validade de um instrumento de recolha de dados corresponde ao grau de precisão com que este mede uma determinada área de conteúdo, através da comparação do seu conteúdo com o domínio que pretende medir. Desta forma, os dados adquiridos são válidos e refletem o fenómeno em estudo. A validação é importante para todos os tipos de investigação e todos os tipos de instrumentos de recolha de dados, e é medida em: (i) muito válido, (ii) moderadamente válido e (iii) geralmente válido (Coutinho, 2018; Gay et al., 2023). Este processo inicia-se com a compreensão das interpretações a serem feitas pelos instrumentos de recolha de dados e requer uma vasta coleção de fontes de evidência para apoiar a interpretação desejada (Coutinho, 2018; Gay et al., 2023). A validação de conteúdo foi realizada através de uma revisão da literatura da temática a abordar. Depois, os instrumentos de recolha de dados foram avaliados pela orientadora FCUP e por docentes da escola onde o PI foi implementado.

A fidelidade refere-se à consistência da informação que é recolhida. Quando aplicado mais do que uma vez à mesma situação, independente das circunstâncias de aplicação ou do investigador, um instrumento é considerado fiável se fornecer os mesmos resultados (Coutinho, 2018). A fidelidade dos instrumentos de recolha de dados utilizados foi certificada pela análise dos mesmos por docentes do grupo de docência 520 (Biologia e Geologia) onde a IPP+PES decorreu e pela literatura científica da área.

4.6. Questões de ética

Ao longo de uma investigação educacional, como é o caso de uma investigação em EdC, são apresentadas um conjunto de decisões éticas ao investigador, cujas respostas nem sempre são diretas ou óbvias (Cohen et al., 2017).

Uma investigação em educação que envolve crianças ou adolescentes necessita que o investigador procure o consentimento informado em dois estágios. Primeiro, procura-se a permissão dos adultos responsáveis pelos menores, e, num segundo estágio, contacta-se os participantes menores e pede-se o seu assentimento informado. O objetivo da investigação é explicado e qualquer objeção é devidamente respeitada. Este procedimento garante que: (i) os dados recolhidos sobre os participantes serão tratados de forma anónima por parte do investigador; (ii) a participação dos mesmos é voluntária e que poderão desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo; (iii) os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial; e (iv) que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa (Cohen et al., 2017).

De forma a respeitar as exigências éticas da investigação em EdC, foi recolhido o consentimento informado aos encarregados de educação dos participantes (Apêndice 13) e o assentimento informado aos participantes (Apêndice 14), alunos da turma onde irá ser implementado o PI, que atestou a concordância destes em participar no estudo.

Foi realizado um pedido de parecer à Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, com a referência CE2023/p114, que obteve um parecer favorável (Anexo 1).

5. Resultados e discussão

Este capítulo destina-se à apresentação dos dados recolhidos a partir dos instrumentos de recolha de dados previamente descritos, e respetiva análise através de métodos estatísticos e de análise de conteúdo, bem como à sua discussão.

5.1. V de Gowin

Os V de Gowin aplicados nas primeiras aulas da intervenção pedagógica foram corrigidos e cotados segundo critérios de avaliação específicos (Apêndice 15). Para cada campo de preenchimento dos três V de Gowin foram considerados dois V de Gowin, correspondentes a cada turno. Ou seja, a amostra total são seis V de Gowin. Os dados recolhidos, analisados através de métodos estatísticos, pretenderam verificar o desenvolvimento das competências investigativas dos alunos. No Quadro 5, verifica-se que a média das classificações obtidas nos V de Gowin foi muito positiva (90,8%). Os resultados sugerem que a promoção do trabalho colaborativo foi benéfica, e que a interação e comunicação entre os alunos auxiliou-os na realização da atividade. Num ambiente de aprendizagem que fomenta a colaboração entre pares, o professor assume o papel de facilitador, através da mediação do desenvolvimento de competências nos alunos (Chu et al., 2017). As competências de colaboração e de comunicação são algumas das competências do século XXI descritas na literatura como imprescindíveis para o sucesso profissional e pessoal dos futuros cidadãos (Kim et al., 2019).

Quadro 5 - Estatística descritiva em relação às respostas corretas no V de Gowin.

Turno	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
Turno 1	90,0%	10,0%	80,0%	100,0%
Turno 2	91,7%	7,6%	85,0%	100,0%
Total	90,8%	8,0%	80,0%	100,0%

Da análise das respostas nos campos de preenchimento dos V de Gowin, verifica-se que todos (n=6; 100%) obtiveram a cotação máxima nos seguintes campos (Quadro 6): (i) *Conceitos*, os alunos conseguiram identificar conceitos relacionados com o processo de fermentação e com o TPL experimental que realizaram; (ii) *Transformações*, a turma foi capaz de realizar um julgamento factual dos dados bem sucedido à luz dos conceitos descritos na ala conceptual do V de Gowin; e (iii) *Juízo de Valor*, os alunos foram

capazes de refletir sobre a intenção inicial do TPL experimental e de realizar uma avaliação final sobre a mesma (Gowin & Alvarez, 2005).

Quadro 6- Frequência de resposta por cotação nos campos *Conceitos* (0-10 pontos), *Transformações* (0-15 pontos) e *Juízo de Valor* (0-20 pontos) do V de Gowin.

Cotação / Campo	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**
Conceitos			n=6 (100,0%)		
Transformações				n=6 (100,0%)	
Juízo de Valor					n=6 (100,0%)

Na elaboração do campo *Acontecimentos/material* do V de Gowin, os alunos deviam conseguir descrever de forma clara todos os passos a realizar no procedimento e destacar o material necessário para a sua execução. Os resultados apresentados no Quadro 7, demonstram que metade dos V de Gowin (n=3; 50,0%) obtiveram uma cotação de 10 pontos neste campo do V de Gowin - 50% da cotação total (20 pontos). Assim sendo, evidencia-se que metade da turma apresentou dificuldades no preenchimento deste campo.

Quadro 7- Frequência de resposta por cotação no campo *Acontecimentos/material* (0-20 pontos) do V de Gowin.

Acontecimentos/material					
Cotação / V de Gowin	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**
V1			n=2 (100,0%)		
V2			n=1 (50,0%)		n=1 (50,0%)
V3				n=1 (50,0%)	n=1 (50,0%)
Total			n=3 (50,0%)	n=1 (16,7%)	n=2 (33,3%)

Legenda: V1= V de Gowin relativo à variável "presença/ausência de açúcar"; V2= V de Gowin relativo à variável "temperatura do meio"; V3= V de Gowin relativo à variável "concentração de açúcar no meio".

O EOAI é uma metodologia de ensino que implica colaboração no desenvolvimento das competências investigativas, como a execução de procedimentos práticos experimentais (Sadeh & Zion, 2009). Os alunos da turma que demostraram dificuldades no preenchimento deste campo não foram capazes de descrever com precisão certos detalhes importantes. Por exemplo, apesar da listagem de materiais facultada aos alunos mencionar as quantidades de cada material a utilizar pelos grupos, estes não as identificaram no seu procedimento. Isto mostra uma inexperiência dos alunos face a este tipo de atividade, a par do reportado no estudo de Galvão et al. (2017), que evidenciou a baixa frequência de estratégias associadas a um ensino investigativo e experimental.

Contudo, um terço dos V de Gowin (n=2; 33,3%) foram preenchidos corretamente neste campo, pois realizaram uma ligação bem sucedida entre as duas vertentes (concetual e procedimental), evidenciando o desenvolvimento das competências de resolução de problemas destes alunos (Martins et al., 2008).

No campo relativo aos *Registos*, os discentes tinham de assinalar as alterações nos materiais após a execução do procedimento. Dois terços dos V de Gowin obtiveram a cotação total atribuída a este campo (n=4; 66,7%). Ou seja, a maioria da turma conseguiu completar este tópico com sucesso (Quadro 8).

Quadro 8- Frequência de resposta por cotação nos *Registos* (0-15 pontos) do V de Gowin.

Registos				
Cotação / **V de Gowin**	**0**	**5**	**10**	**15**
V1			n=2 (100,0%)	
V2				n=2 (100,0%)
V3				n=2 (100,0%)
Total			n=2 (33,3%)	n=4 (66,7%)

Legenda: V1= V de Gowin relativo à variável "presença/ausência de açúcar"; V2= V de Gowin relativo à variável "temperatura do meio"; V3= V de Gowin relativo à variável "concentração de açúcar no meio".

O preenchimento deste campo permitiu aos alunos começarem a relacionar a questão-problema com a sua resposta, e os resultados obtidos refletem que esse raciocínio foi

bem conseguido. Consideramos que a recolha de dados eficaz no campo dos *Registos* terá sido fundamental para um julgamento factual bem conseguido no campo das *Transformações* (Gowin & Alvarez, 2005).

No *Juízo Cognitivo*, pretendeu-se que os alunos fossem capazes de responder à questão-problema do V de Gowin, ao validar as hipóteses que elaboraram na primeira aula. Os resultados do Quadro 9 evidenciam que dois terços da turma (n=4; 66,7%) foram bem sucedidos neste campo e obtiveram a cotação total (20 pontos). Ensinar os alunos sobre o questionamento científico, e em particular, sobre a estreita relação entre os dados e a sua explicação deve incluir o ensinamento de identificação das variáveis, do controlo das variáveis e do desenho experimental, mas também de tarefas de interpretação de dados (Millar, 2004). Segundo Minner et al. (2010), a participação ativa dos alunos no processo de investigação e a capacidade de obter conclusões sobre os dados observados estão associados a uma maior probabilidade de os alunos compreenderem os conceitos científicos.

Quadro 9- Frequência de resposta por cotação no *Juízo Cognitivo* (0-20 pontos) do V de Gowin.

Juízo Cognitivo					
Cotação / **V de Gowin**	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**
V1				n=1 (50,0%)	n=1 (50,0%)
V2					n=2 (100,0%)
V3				n=1 (50,0%)	n=1 (50,0%)
Total				n=2 (33,3%)	n=4 (66,7%)

Legenda: V1= V de Gowin relativo à variável "presença/ausência de açúcar"; V2= V de Gowin relativo à variável "temperatura do meio"; V3= V de Gowin relativo à variável "concentração de açúcar no meio".

A realização de trabalhos práticos melhora o interesse, a participação e a autonomia dos alunos e posiciona-os no centro dos processos de ensino e aprendizagem, ao abandonar estratégias que envolvem um ensino transmissivo e estratégias de aprendizagem como a memorização (Toplis, 2012). Os dados recolhidos pelos V de Gowin mostram que os alunos foram capazes de interpretar o processo de fermentação à luz da sua explicação científica. O envolvimento dos alunos na decisão de alguns aspetos da atividade prática, como na elaboração da hipótese e do procedimento a

realizar, resultaram numa oportunidade da turma pensar sobre o que fez e de aprender com tal (Millar, 2004). Os dados recolhidos evidenciam, assim, um maior envolvimento dos alunos no questionamento científico, no uso de evidências nas suas respostas, no estabelecimento de explicações, e na capacidade de comunicação e argumentar justificações (Lotter et al., 2016).

5.2. Desenhos

Na última aula do PI, os alunos foram desafiados a utilizar as competências que desenvolveram nas aulas anteriores elaborando desenhos sobre os dois processos de obtenção de energia aprendidos. Os desenhos foram realizados de forma individual, num ambiente de sala de aula, o que consideramos, ter fomentado a interação entre os pares e o desenvolvimento de conhecimentos, capacidades e atitudes. A professora-investigadora acompanhou a elaboração dos desenhos e exerceu o papel de facilitadora de aprendizagens. Devido à ausência de quatro alunos nesta aula, apenas participaram nesta atividade 20 discentes.

Na ficha de trabalho onde os desenhos foram elaborados, encontravam-se enumerados vários conceitos acerca do conteúdo lecionado que deveriam ser ilustrados e legendados nos mesmos. Esses conceitos foram agrupados em categorias e subcategorias para a realização da análise de conteúdo. A cada subcategoria foi atribuído um código alfabético, às quais fizeram-se corresponder indicadores de resposta específicos, como descrito no Quadro 10.

Quadro 10- Correspondência entre categorias, subcategorias e indicadores de resposta nos desenhos.

Categoria	Subcategoria	Indicadores
Condições do meio	A: Meio anaeróbio e aeróbio	**A1:** Identifica a Fermentação como um processo de obtenção de energia realizado em meio anaeróbio e a Respiração Aeróbia em meio aeróbio. **A2:** Não identifica a Fermentação como um processo de obtenção de energia realizado em meio anaeróbio, nem identifica a Respiração Aeróbia em meio aeróbio.

Fermentação	B: Fermentação lática e alcoólica	**B1:** Identifica os dois tipos de Fermentação (lática e alcoólica) **B2:** Não identifica os tipos de Fermentação (lática ou alcoólica).
	C: Substrato inicial	**C1:** Identifica a glicose como o substrato inicial da Fermentação **C2:** Não identifica a glicose como o substrato inicial da Fermentação
	D: Etapas da Fermentação	**D1:** Refere as duas etapas do processo de Fermentação **D2:** Refere apenas uma das etapas do processo de Fermentação **D3:** Não refere qualquer etapa do processo de Fermentação
	E: Organelos celulares onde ocorre a Fermentação	**E1:** Menciona o citoplasma como o local onde ocorre a Fermentação **E2:** Não menciona o citoplasma como o local onde ocorre a Fermentação
	F: Aceitador final de eletrões	**F1:** Refere o aceitador final de eletrões dos dois tipos de Fermentação **F2:** Refere o aceitador final de eletrões de um tipo de Fermentação **F3:** Não refere o aceitador final de eletrões dos dois tipos de Fermentação
	G: Produtos finais da Fermentação	**G1:** Identifica os produtos finais da Fermentação alcoólica e lática **G2:** Não identifica os produtos finais da Fermentação alcoólica e lática
	H: Balanço energético	**H1:** Refere o balanço energético dos dois tipos de Fermentação **H2:** Não refere o balanço energético dos dois tipos de Fermentação
	I: Equação química	**I1:** Completa corretamente a equação química da Fermentação alcoólica e lática **I2:** Completa com imprecisões a equação química da Fermentação alcoólica e lática **I3:** Não completa a equação química da Fermentação alcoólica e lática

Respiração aeróbia	J: Substrato inicial	**J1:** Identifica a glicose como o substrato inicial da Respiração Aeróbia **J2:** Não identifica a glicose como o substrato inicial da Respiração Aeróbia
	K: Etapas da Respiração Aeróbia	**K1:** Refere todas as etapas do processo de Respiração Aeróbia **K2:** Refere pelo menos uma das etapas do processo de Respiração Aeróbia **K3:** Não refere qualquer etapa do processo de Respiração Aeróbia
	L: Organelos celulares onde ocorre a Respiração Aeróbia	**L1:** Menciona os organelos onde ocorrem a Respiração Aeróbia **L2:** Não menciona os organelos onde ocorrem a Respiração Aeróbia
	M: Aceitador final de eletrões	**M1:** Refere o aceitador final de eletrões da Respiração Aeróbia **M2:** Não refere o aceitador final de eletrões da Respiração Aeróbia
	N: Produtos finais da Respiração Aeróbia	**N1:** Identifica os produtos finais da Respiração Aeróbia **N2:** Identifica parte dos produtos finais da Respiração Aeróbia **N3:** Não identifica os produtos finais da Respiração Aeróbia
	O: Balanço energético	**O1:** Refere o balanço energético da Respiração Aeróbia **O2:** Não refere o balanço energético da Respiração Aeróbia
	P: Equação química	**P1:** Completa a equação química da Respiração Aeróbia **P2:** Completa com imprecisões a equação química da Respiração Aeróbia **P3:** Não completa a equação química da Respiração Aeróbia

A frequência de resposta de cada um dos indicadores foi contabilizada. As tabelas de resultados apresentam-se agrupadas por categorias.

Relativamente à primeira categoria, *Condições do meio*, concluiu-se que mais de metade da turma conseguiu identificar a fermentação como um processo de obtenção

de energia realizado em meio anaeróbio e a respiração aeróbica em meio aeróbio (A1=12), como verifica-se no Quadro 11. Os alunos que não foram capazes de realizar esta identificação (A2=8), não preencheram o campo indicado para tal, assim sendo, uma possível justificação poderá ser que os alunos não leram a introdução da atividade com atenção.

Quadro 11 - Frequência de respostas obtida nos desenhos em relação à categoria *Condições do meio* (subcategoria A).

Categoria	**Condições do meio**	
Subcategoria	**A**	
Indicador	**A1**	**A2**
Frequência de resposta	12	8

Legenda: A= Meio anaeróbio e aeróbio.

Na categoria *Fermentação*, foram avaliados vários indicadores. Os resultados encontram-se nos Quadros 12 e 13. Os discentes responderam de forma positiva a todos os indicadores desta categoria.

Quadro 12- Frequência de respostas obtida nos desenhos em relação à categoria *Fermentação* (subcategorias B-E).

Categoria	**Fermentação**								
Subcategoria	**B**		**C**		**D**			**E**	
Indicador	**B1**	**B2**	**C1**	**C2**	**D1**	**D2**	**D3**	**E1**	**E2**
Frequência de resposta	19	1	17	3	20	0	0	20	0

Legenda: B= Fermentação lática e alcoólica. C= Substrato inicial. D= Etapas da Fermentação. E= Organelos celulares onde ocorre a Fermentação.

Nos desenhos que realizaram, maioria dos alunos identificou os dois tipos de fermentação (alcoólica e lática) abordados nas aulas do PI (B1=19) e mencionou a glicose como o substrato inicial da fermentação (C1=17). Todos os alunos referiram as duas etapas da fermentação (D1=20) - a glicólise e a redução do ácido pirúvico, e identificaram o citoplasma como o local onde ocorre a fermentação na célula (E1=20).

Quadro 13- Frequência de resposta obtida nos desenhos em relação à categoria *Fermentação* (subcategorias F-I).

Categoria	**Fermentação**									
Subcategoria	**F**			**G**		**H**		**I**		
Indicador	**F1**	**F2**	**F3**	**G1**	**G2**	**H1**	**H2**	**I1**	**I2**	**I3**
Frequência de resposta	14	2	4	19	1	17	3	16	4	0

Legenda: F= Aceitador final de eletrões. G= Produtos finais da Fermentação. H= Balanço energético. I= Equação química.

Os alunos revelaram maior dificuldade na identificação do aceitador final de eletrões (F1=14). Grande parte dos discentes identificaram os produtos finais de fermentação alcoólica e lática nos seus desenhos (G1=19) e referiu corretamente o balanço energético dos dois tipos de fermentação (H1=17).

Devido à fermentação ser um processo bioquímico, a interdisciplinaridade com a disciplina de Física e Química A foi valorizada durante as aulas do PI. O preenchimento das equações químicas destes processos (I1=16), poderá evidenciar uma boa aplicação das aprendizagens da disciplina de Físico-Química, do 3.º Ciclo. Na Figura 10, mostram-se alguns dos desenhos realizados pelos alunos relativos ao processo de fermentação.

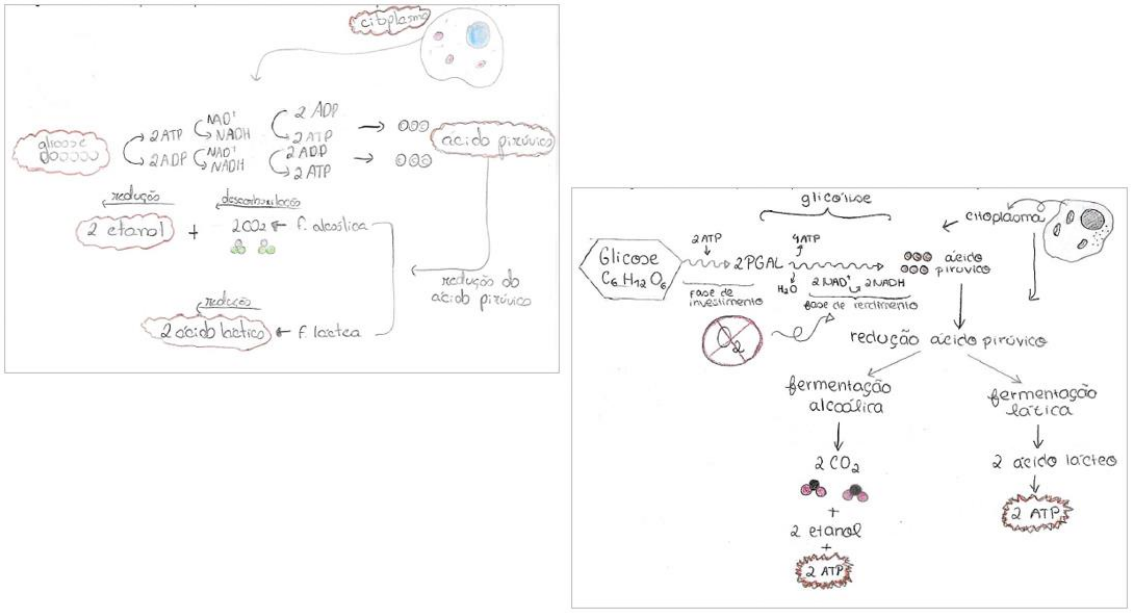


Figura 10- Exemplos de desenhos realizados pelos alunos relativos à fermentação.

Na categoria *Respiração aeróbia*, os alunos revelaram maior dificuldade do que na categoria anterior. Os resultados encontram-se nos Quadros 14 e 15.

Quadro 14 - Frequência de resposta obtida nos desenhos em relação à categoria *Respiração aeróbia* (subcategorias J-L).

Categoria	**Respiração aeróbia**						
Subcategoria	**J**		**K**			**L**	
Indicador	**J1**	**J2**	**K1**	**K2**	**K3**	**L1**	**L2**
Frequência de resposta	15	5	19	0	1	18	2

Legenda: J= Substrato inicial. K= Etapas da Respiração Aeróbia. L= Organelos celulares onde ocorre a Respiração Aeróbia.

Relativamente a este processo de obtenção de energia, menos alunos identificaram a glicose como o substrato inicial da respiração aeróbia (J1=15) em comparação com os desenhos sobre a fermentação. De uma forma quase unânime, os alunos da turma referiram todas as etapas da respiração aeróbia (K1=19) e os organelos da célula onde ocorrem (L1=18).

Quadro 15 - Frequência de resposta obtida nos desenhos em relação à categoria *Respiração aeróbia* (subcategorias M-P).

Categoria	**Respiração aeróbia**									
Subcategoria	**M**		**N**			**O**		**P**		
Indicador	**M1**	**M2**	**N1**	**N2**	**N3**	**O1**	**O2**	**P1**	**P2**	**P3**
Frequência de resposta	9	11	12	3	5	10	10	14	4	2

Legenda: M= Aceitador final de eletrões. N= Produtos finais da Respiração Aeróbia. O= Balanço energético. P= Equação química.

A turma apresentou resultados menos positivos nos indicadores desta categoria (*Respiração aeróbia*), que se poderá justificar pela maior complexidade deste processo. Por exemplo, menos de metade dos alunos foi capaz de mencionar o aceitador final de eletrões (M1=9) e pouco mais de metade da turma identificou os produtos finais da respiração aeróbia (N1=12). Juntamente com os resultados na identificação do balanço energético da respiração aeróbia (O1=10) e na construção da equação química deste processo (P1=14), é possível constatar que os alunos exibiram maiores dificuldades na compreensão e representação da respiração aeróbia em comparação com a fermentação. Na Figura 11, encontra-se um desenho realizado por um dos alunos relativos à respiração aeróbia.

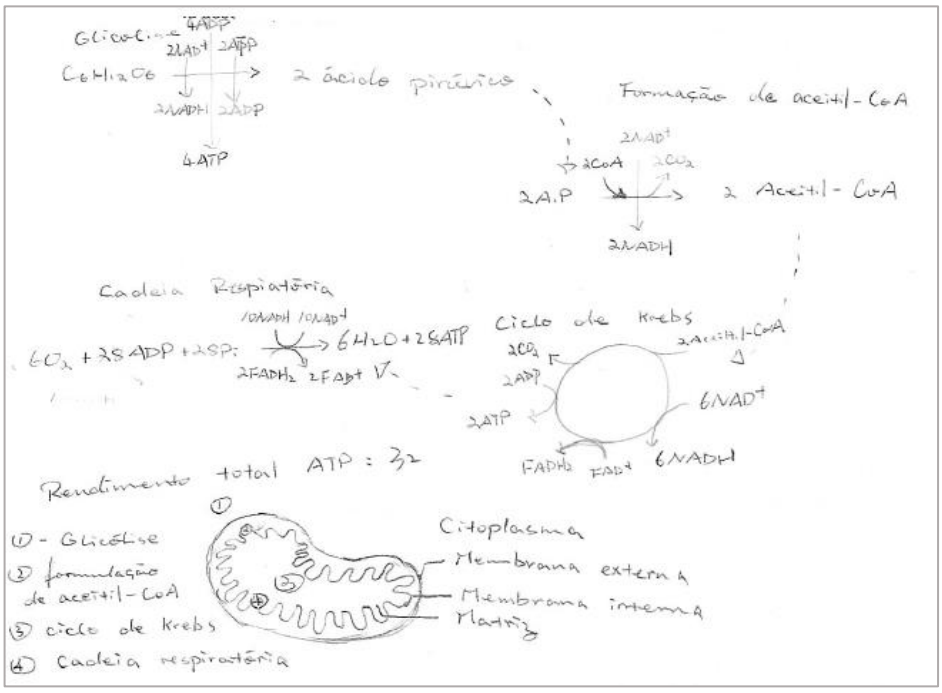


Figura 11- Desenho realizado por A19 relativo à respiração aeróbia. A(n)=Aluno.

A partir da análise dos desenhos realizados pelos alunos, foi possível verificar que maioria dos alunos foi capaz de compreender a fermentação e a respiração aeróbia, de relacionar as várias etapas destes processos com a estrutura das células procarióticas e eucarióticas e, ainda, de mobilizar conhecimentos da química na identificação das moléculas que intervêm nestes. Além disso, foi possível identificar o desenvolvimento do raciocínio científico dos alunos, pois os desenhos refletiram os modelos mentais dos mesmos sobre o conteúdo lecionado (Coll & Treagust, 2003).

A utilização dos desenhos como recurso educativo, através da modelação, auxiliou os alunos a estabelecer o seu modelo mental dos conteúdos lecionados (Gilbert & Justi, 2016), imprescindível para a aprendizagem do processo científico e do desenvolvimento de competências investigativas (Quillin & Thomas, 2015).

As dificuldades que certos alunos expressaram na elaboração dos desenhos sobre a respiração aeróbia pode significar que estes não terão compreendido alguns dos aspetos mais abstratos deste processo. Estudos prévios enumeraram alguns motivos para que tal possa acontecer. Em primeiro lugar, a tendência em não compreender que o principal benefício da respiração aeróbia é a produção de energia. Em segundo lugar, a confusão no uso do conceito “respiração”. Este termo refere-se às reações catabólicas que ocorrem nas células, porém, é comumente utilizado para designar os processos que permitem a realização das trocas gasosas entre o organismo e o meio (inspiração

e expiração), contudo apesar destes processos estarem relacionados, são diferentes (Haslam & Treagust, 1987; Vančugovienė et al., 2023). O estudo de Bergan-Roller et al. (2018), que avaliou os conhecimentos dos estudantes do ensino superior sobre a respiração aeróbia, revelou que estes mostraram dificuldade em relacionar as reações que ocorrem ao longo das várias etapas deste processo.

A aprendizagem dos fenómenos biológicos num contexto holístico, é crucial para a melhor compressão de vários processos, nomeadamente da fermentação e da respiração aeróbia. O sucesso dos processos de ensino e aprendizagem destes conteúdos no ensino secundário podem assegurar uma boa compreensão destes processos biológicos e possibilitar que as competências que os alunos desenvolveram acompanhem-nos no resto das suas vidas (Vančugovienė et al., 2023).

5.3. *Snapshot*

Na última aula do PI, após a realização dos desenhos, os alunos responderam a um *snapshot* com quatro questões relativas às aulas do PI. As questões foram respondidas de forma individual, e permitiram à professora-investigadora recolher informação sobre a perspetiva dos alunos em relação ao trabalho realizado nas aulas. Apenas participaram nesta atividade 20 discentes. A análise dos dados recolhidos pelos *snapshots*, foi realizada através da análise de conteúdo. Em todas as questões, a resposta de cada aluno foi enquadrada em uma ou mais categorias, de acordo com o seu conteúdo.

Na primeira questão (Q1. *Indica a atividade realizada nas últimas aulas que mais te ajudou na compreensão dos conteúdos lecionados. Justifica a tua resposta.*), mais de metade dos alunos da turma considerou o TPL experimental como a atividade que mais os auxiliou na compreensão dos conteúdos lecionados (n=11; 55,0%), como se verifica no Quadro 16.

Quadro 16 - Frequência de respostas por categoria (C1-C5) obtidas na Q1 (n=20).

Categoria		n (%)	Citação
C1	Interação com a professora	1 (5,0%)	“colocou-me mais confortável para apresentar as minhas dúvidas à professora” (A1)

C2	Interação com os colegas	4 (20,0%)	"pois era uma matéria complicada e com a ajuda dos nossos colegas fica mais fácil de entender" (A9)
C3	Atividade prática laboratorial experimental	11 (55,0%)	"foi possível compreender melhor a matéria que foi lecionada em aula teórica, de forma a não ser apenas decorada" (A4)
C4	Fichas de trabalho	3 (15,0%)	"o resumo antes dos exercícios ajudou a entender e a estudar melhor" (A8)
C5	Desenhos	3 (15,0%)	"desenhar e legendar fez com que pudesse (de uma forma mais dinâmica e divertida) aprender mais sobre a matéria dada" (A13)

Legenda: A(n)=Aluno. C(n)= Categoria.

Os resultados positivos obtidos no preenchimento dos V de Gowin é coincidente com as respostas dos alunos nesta questão. Destaca-se também a menção à interação com os colegas (n=4; 20,0%), incentivada pela promoção do trabalho colaborativo em todas as aulas do PI.

Na segunda questão (Q2. *Refere-te ao trabalho de grupo realizado nas últimas aulas. Consideras que realizar atividades em colaboração com os teus colegas é uma mais-valia para a aquisição de competências e para o teu desempenho? Justifica a tua resposta*.), os resultados no Quadro 17 mostram que quase metade da turma considerou que o trabalho de grupo realizado ao longo das aulas foi uma mais-valia pois conseguiram partilhar aprendizagens (n=8; 40,0%). Alguns alunos da turma sentiram que a colaboração entre pares foi importante para discutir e esclarecer dúvidas (n=6; 30,0%) e desenvolver competências de trabalho de grupo (n=3; 15,0%). O trabalho de grupo foi reconhecido como essencial ao dotar os alunos de "uma maior vontade de trabalhar" (discente A6) e proporcionou o desenvolvimento de "diferentes perspetivas que podem levar a soluções inovadoras por parte dos grupos" (discente A7). Consideramos que as competências de colaboração e cooperação terão sido essenciais para os resultados positivos dos V de Gowin realizados pelos grupos dos dois turnos, e estas respostas confirmam-no.

Quadro 17 - Frequência de respostas por categoria (C1-C7) obtidas na Q2 (n=20).

Categoria		(n, %)	Citação
C1	Partilhar aprendizagens	8 (40,0%)	"pois ao trabalhar com outros, discutimos ideias e percebemos melhor a matéria" (A10)
C2	Interajuda para compreender os conteúdos	6 (30,0%)	"ajudou bastante pois conseguimos esclarecer dúvidas entre nós, cooperando uns com os outros" (A2)
C3	Desenvolver competências para trabalhar em grupo	3 (15,0%)	"é possível melhorar as nossas capacidades de colaboração e de trabalhar com colegas" (A15)
C4	Maior entusiasmo	1 (5,0%)	"ficamos com uma maior vontade de trabalhar" (A6)
C5	Maior criatividade	1 (5,0%)	"a colaboração promove a criatividade" (A7)
C6	Capacidade de resolução de problemas	1 (5,0%)	"diferentes perspetivas podem levar a soluções inovadoras por parte dos grupos" (A7)
C7	Convívio	2 (10,0%)	"e conviver com os meus colegas" (A16)

Legenda: A(n)=Aluno. C(n)= Categoria.

Relativamente à questão 3 (Q3. *Considera o que aprendeste nas últimas aulas. Descreve algumas das competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) que adquiriste*.), pretendia-se averiguar quais as competências que os alunos consideraram ter desenvolvido ao longo das aulas do PI. Mais de metade dos alunos respondeu que conseguiram compreender os processos de produção de energia das células (n=13; 65,0%) (Quadro 18). A análise dos desenhos dos alunos sobre os conteúdos lecionados está em concordância com as respostas a esta questão. Alguns discentes consideram que desenvolveram as suas competências de trabalho de grupo (n=4; 20,0%) e que compreenderam o MC (n=2; 10,0%). Outras competências foram mencionadas, por exemplo, um aluno afirmou que após as aulas do PI é capaz de "interpretar dados experimentais relativos à fermentação e respiração aeróbia" (discente A17) e outro referiu ter desenvolvido "uma atitude mais científica durante as atividades laboratoriais" (discente A19). A menção de vários tipos de competências é positiva, e mostra que a

professora-investigadora foi capaz de dotar os alunos de conhecimentos sobre os conteúdos abordados, capacidades de trabalho prático e de atitudes científicas.

Quadro 18 - Frequência de respostas por categoria (C1-C12) obtidas na Q3 (n=20).

Categoria		(n, %)	Citação
C1	Compreensão do processo de produção de energia das células	13 (65,0%)	"compreendi o processo de produção de energia nas células" (A1)
C2	Reconhecer a respiração aeróbia como um processo de obtenção de energia mais rentável do que a fermentação	1 (5,0%)	"aprendi sobre os processos de obtenção de energia, nomeadamente o processo de fermentação e respiração aeróbia, e que este último é mais rentável" (A3)
C3	A aplicação dos conteúdos no quotidiano	1 (5,0%)	"como podem ser aplicadas as aprendizagens na vida real" (A4)
C4	Competências de trabalho de grupo	4 (20,0%)	"capacidade de aprimorar a minha capacidade de trabalhar em grupo" (A5)
C5	Reações catabólicas que permitem obter energia	1 (5,0%)	"vários conhecimentos associados a reações catabólicas que permitem a obtenção de energia" (A5)
C6	Compreensão da importância dos processos de obtenção de energia no metabolismo	3 (15,0%)	"consegui perceber como funciona o nosso metabolismo" (A9)
C7	Compreendi o Método Científico	2 (10,0%)	"adquiri conhecimentos a nível do método científico" (A11)
C8	Reconhecer o papel da mitocôndria nos processos de obtenção de energia	2 (10,0%)	"entender melhor sobre como ocorre os processos de obtenção de energia, especificamente na mitocôndria" (A14)
C9	Debate de ideias	2 (20,0%)	"e o debate de ideias" (A15)
C10	Interpretar dados experimentais	1 (5,0%)	"interpretar dados experimentais relativos à fermentação e respiração aeróbia" (A17)

C11	Realização de um procedimento	2 (2,0%)	"planificar e realizar uma atividade laboratorial" (A18)
C12	Desenvolver uma atitude científica	1 (5,0%)	"e uma atitude mais científica durante as atividades laboratoriais" (A19)

Legenda: A(n)=Aluno. C(n)= Categoria.

Por fim, a última questão (Q4. *De que forma a contextualização histórica sobre o desenvolvimento científico na área do conteúdo lecionado te ajudou a compreender o processo do método científico?*) tinha como intuito perceber como a contextualização histórica sobre o desenvolvimento científico na área dos processos de obtenção de energia ajudou os alunos a compreender o MC. No Quadro 19, verifica-se que maioria dos alunos referiu que a contextualização histórica foi importante para entender a evolução do conhecimento científico (n=8; 40,0%). Alguns alunos identificaram algumas características do MC, como a sua natureza cíclica (n=2; 10,0%) e a existência de diversos MC (n=3; 15,0%). A compreensão do MC foi mencionada por dois alunos na questão anterior e, segundo a literatura, é um dos aspetos mais importantes a trabalhar no EOAI (Bybee, 2006).

Quadro 19- Frequência de respostas por categoria (C1-C6) na Q4 (n=20).

Categoria		**(n, %)**	**Citação**
C1	A natureza cíclica do Método Científico	2 (10,0%)	"já que os resultados de investigação resultam da reciclagem de hipóteses" (A3)
C2	As observações são fundamentais	2 (10,0%)	"a observação é fundamental" (A5)
C3	Evolução do conhecimento científico	8 (40,0%)	"ajudou-me a compreender como a evolução de Ciência é importante para a descoberta do conhecimento científico" (A8)
C4	O Método Científico é essencial nas investigações científicas	2 (10,0%)	"O método científico é importante para a investigação, porque é a partir dele que o conhecimento científico é descoberto" (A11)
C5	O Método Científico é diverso	3 (15,0%)	"existem várias formas de fazer Ciência" (A14)

C6	O Método Científico é utilizado na elaboração de procedimentos	3 (15,0%)	"conseguir usá-lo numa experiência laboratorial" (A20)

Legenda: A(n)=Aluno. C(n)= Categoria.

Atualmente, espera-se que os professores ajudem os seus alunos a desenvolverem competências e a envolverem-se ativamente na aprendizagem dos conteúdos lecionados (Arends, 2015). Estratégias de ensino que ativamente envolvem os alunos no processo de aprendizagem através da investigação aumentam a probabilidade de melhorar as suas aprendizagens, em comparação com o uso de metodologias tradicionais, centradas no professor (Minner et al., 2010).

6. Conclusões

Este capítulo encontra-se dividido em três subcapítulos. No primeiro, apresentam-se as conclusões gerais da investigação realizada. Em seguida, são citadas algumas limitações do presente estudo, bem como a sugestão de outras linhas de investigação. Por último, reflete-se sobre os contributos que este trabalho proporcionou para o desenvolvimento profissional da prática pedagógica da professora-investigadora.

6.1. Conclusões gerais

A implementação do PI colocou em evidência o desenvolvimento de competências investigativas e a compreensão dos processos de obtenção de energia por parte dos alunos, através do uso de processos e métodos utilizados por cientistas. Assim sendo, os objetivos investigacionais científicos, educacionais e profissionais propostos foram atingidos.

A promoção da colaboração entre pares através da metodologia de ensino implementada, o EOAI, foi decisiva no sucesso das aprendizagens dos alunos. A comunicação entre os discentes permitiu aprofundar as suas competências, como evidenciado nos resultados deste estudo. A elaboração de uma investigação sobre a fermentação, originou uma melhor capacidade de interpretação dos dados e de compreensão do MC e da NCC, e, consequentemente, do conteúdo abordado. As dificuldades encontradas durante o planeamento da investigação pelos discentes podem ser justificadas pela sua falta de experiência neste tipo de atividade.

Os desenhos sobre os processos de obtenção de energia elaborados pela turma comprovaram que as estratégias utilizadas melhoraram as aprendizagens dos alunos. Estes representaram os seus modelos mentais, recorrendo aos conhecimentos desenvolvidos sobre a temática, confirmando que os processos de ensino e aprendizagem que ocorreram ao longo do PI foram bem-sucedidos.

Na resposta às questões do *snapshot*, os alunos avaliaram positivamente vários aspetos do PI implementado, nomeadamente, as atividades em que participaram, as competências que adquiriram e a importância de abordar a HC da área do conteúdo científico lecionado.

A promoção do raciocínio científico e da literacia científica dos alunos através do EOAI foi cumprido. Os discentes foram capazes de utilizar o conhecimento científico sobre a

temática durante a investigação que realizaram, e aplicaram e desenvolveram competências essenciais para a prática da Ciência.

Desta forma, assume-se essencial a implementação de metodologias ativas na sala de aula - como o EOAI - através de estratégias centradas no aluno, de forma a potenciar a mobilização do conteúdo científico no quotidiano e o desenvolvimento de uma atitude científica nos cidadãos do século XXI.

6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras

A investigação descrita neste documento apresentou algumas limitações, nomeadamente devido ao contexto em que esta se desenvolveu.

Devido à necessidade de cumprir as AE estabelecidas para o 10.º ano de escolaridade, uma das maiores limitações prendeu-se com o tempo disponibilizado para a planificação e implementação deste estudo, realizado durante a IPP. A escassez de tempo restringiu a presente investigação a apenas um ciclo de I-A.

Os resultados apenas representam o grupo em estudo e não podem ser generalizados devido à dimensão reduzida da amostra (amostra de conveniência).

Foi efetuada uma alteração da planificação original da investigação que os alunos iriam realizar em sala de aula, originado pela falta de materiais laboratoriais. Em contexto escolar, os professores de Ciência deparam-se com esta limitação devido a inúmeras condicionantes. Contudo, durante a investigação, este problema tornou-se numa oportunidade de encontrar soluções num curto espaço tempo, permitindo à professora-investigadora desenvolver-se profissionalmente. A reformulação abrangeu a substituição da questão-problema de um dos V de Gowin por outra que avaliasse a influência de uma variável diferente e que os alunos conseguissem manipular com os materiais simples disponíveis no laboratório da escola.

Em futuros estudos, sugere-se a aplicação de novos ciclos de estudo que englobem investigações em sala de aula noutras temáticas científicas, de modo a averiguar a evolução do desenvolvimento das competências investigativas nos alunos. Outra sugestão prende-se com a exploração do campo da neuroeducação, através da aplicação de desenhos a outros conteúdos científicos, de modo a avaliar e compreender de forma mais aprofundada o tipo de representação dos modelos mentais dos alunos. Saber como o cérebro organiza as aprendizagens poderá ser uma ferramenta

importante na descoberta de abordagens inovadoras no ensino para melhorar os processos de ensino e aprendizagem.

6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional

A elaboração do relatório de estágio relativo à implementação de uma investigação constitui a última etapa da formação inicial de professores. Durante esta etapa, o professor-investigador reflete sobre os contributos que o trabalho concebido teve no seu desenvolvimento a nível profissional e no cumprimento dos objetivos profissionais delineados.

A condução da presente investigação instigou uma reflexão sobre os processos de ensino e aprendizagem, priorizou a utilização de estratégias centradas no aluno, com uma forte componente de trabalho de grupo, e valorizou a promoção de competências investigativas, de modo a fomentar o desenvolvimento da literacia científica e o raciocínio científico dos alunos. A familiarização com a metodologia do EOAI foi uma mais-valia no ensino desta temática, pois incentivou a professora-investigadora a assumir o papel de facilitadora de aprendizagens, e estimulou os alunos a exercerem um papel mais ativo na sala de aula.

Mais se acrescenta que a realização deste estudo foi determinante na promoção das competências docentes da professora-investigadora, nomeadamente, na construção de recursos educativos e da planificação das aulas à luz de metodologias ativas. Assim, a utilização do EOAI foi essencial na promoção do desenvolvimento profissional da professora-investigadora e na reflexão sobre a prática docente.

Este trabalho permitiu o contacto com a área da investigação do EC, através da leitura e análise de literatura científica, a aplicação de uma metodologia de investigação utilizada por professores e, também, a análise e tratamento dos dados recolhidos na investigação.

A experiência adquirida com o trabalho efetuado contribuiu positivamente para a evolução da professora em formação, incitando à melhoria constante das suas competências docentes, que a acompanhará ao longo da sua carreira.

Referências Bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: College students' views of nature of science. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 389-425). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_18

Adelman, C. (1993). Kurt Lewin and the origins of action research. *Educational Action Researcher, 1*(1), 7–25. https://doi.org/10.1080/0965079930010102

Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, *333*(6046), 1096-1097. https://doi.org/10.1126/science.1204153

Arends, R. I. (2015). *Learning to teach* (10th edition). McGraw-Hill.

Bergan-Roller, H. E., Galt, N. J., Helikar, T., & Dauer, J. T. (2018). Using concept maps to characterise cellular respiration knowledge in undergraduate students. *Journal of Biological Education*, *54*(1), 33–46. https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1541001

Briggs, B., Mitton, T., Smith, R., & Magnuson, T. (2009). Teaching cellular respiration & alternate energy sources with a laboratory exercise developed by a scientist-teacher partnership. *The American Biology Teacher. 71*(3), 164-167. https://doi.org/10.1662/005.071.0309

Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (pp. 1-12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_1

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação (Bauru)*, *10*, 363-381. https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300005

Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2481-8

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th edition). Routledge.

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(5), 464-486. https://doi.org/10.1002/tea.10085

Coutinho, C. (2018). *Metodologia de investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática* (2ª edição). Almedina.

Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-learn: does meta-analysis show differences between technology-based drawing and paper-and-pencil drawing?. *Journal of Science Education and Technology*, *29*, 216-229. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09807-6

Deboer, G. E. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for*

teaching, learning, and teacher education (pp. 17-35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_2

Direção-Geral de Educação. (2018a). *Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia, 10.º ano.* Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf

Direção-Geral de Educação. (2018b). *Aprendizagens Essenciais de Física e Química A, 10.º ano.* Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_fq_a.pdf

Direção-Geral de Educação. (2018c). *Aprendizagens Essenciais de Física e Química A, 11.º ano.* Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/11_fq_a.pdf

Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review, 22*, 194-214. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002

Dorfman, B. S., Issachar, H., & Zion, M. (2020). Yesterday's students in today's world—Open and guided inquiry through the eyes of graduated high school biology students. *Research in Science Education*, *50*, 123-149. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9683-6

Dourado, L. (2001). Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências-contributo para uma clarificação de termos. In A. Veríssimo, A. Pedrosa & R. Ribeiro (Eds.), *(Re)Pensar o Ensino das Ciências* (pp. 13-18). Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário.

Duchastel, P. C., & Brown, B. R. (1974). Incidental and relevant learning with instructional objectives. *Journal of Educational Psychology*, *66*(4), 481. https://doi.org/10.1037/h0036743

Figueiroa, A. (2014). *Trabalho prático investigativo no ensino das ciências: experimental ou laboratorial?*. Whitebooks.

Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). Drawing boundary conditions for learning by drawing. *Educational Psychology Review*, *30*(3), 1115-1137. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8

Forbes, C. T., Neumann, K., & Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015*. International Journal of Science Education*, *42*(5), 783-806. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1730017

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *82*(3), 300-329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Galvão, C., Freire, S., Faria, C., Baptista, M., & Reis, P. (2017). *Avaliação do currículo das Ciências Físicas e Naturais: Percursos e interpretações.* Instituto de Educação - Universidade de Lisboa.

Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. W. (2023). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (13th edition). Pearson.

Gericke, N., Högström, P., & Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, *59*(2), 245-285. https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125

Gilbert, J. K., Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

Gowin, D. B., & Alvarez, M. C. (2005). *The art of educating with V diagrams*. Cambridge University Press.

Gungor, S. N., & Ozkan, M. (2017). Evaluation of the concepts and subjects in biology perceived to be difficult to learn and teach by the pre-service teachers registered in the pedagogical formation program. *European Journal of Educational Research*, *6*(4), 495-508. https://doi.org/10.12973/eu-jer.6.4.495

Haslam, F. & Treagust, D. F. (1987) Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *Journal of Biological Education*, *21*(3), 203-211. https://doi.org/10.1080/00219266.1987.9654897

Heering, P., & Höttecke, D. (2014). Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1473-1502). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_46

Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Sense Publishers.

Hodson, D. (2014). Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 911-970). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_28

Instituto de Avaliação Educativa. (2022). *Exame Final Nacional de Biologia e Geologia (1º Fase)*. https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/06/EX-BG702-F1-2022-V1_net.pdf

Instituto de Avaliação Educativa. (2023). *Exame Final Nacional de Biologia e Geologia (1º Fase).* https://iave.pt/wp-content/uploads/2023/06/EX-BG702-F1-2023-V1_net.pdf

Instituto de Avaliação Educativa. (2024). *Exame Final Nacional de Biologia e Geologia (1º Fase).* https://iave.pt/wp-content/uploads/2024/06/EX-BG702-F1-2024-V1_net.pdf

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, *24*(12), 1273-1292. https://doi.org/10.1080/09500690210163198

Justi, R., & Van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the

process. *International Journal of Science Education*, *27*(5), 549-573. https://doi.org/10.1080/0950069042000323773

Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and International Education*, *14*(1), 99-117. https://doi.org/10.1177/1745499919829214

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(1), 65-83. https://doi.org/10.1002/tea.21125

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano & M. G. Santos, *Cadernos Didácticos de Ciências – volume 1* (pp. 77-96). Ministério de Educação - Departamento do Ensino Secundário.

Loughran, J. J. (2002). Effective reflective practice: In search of meaning in learning about teaching. *Journal of Teacher Education*, *53*(1), 33-43. https://doi.org/10.1177/0022487102053001004

Lotter, C., Smiley, W., Thompson, S., & Dickenson, T. (2016). The impact of a professional development model on middle school science teachers' efficacy and implementation of inquiry. *International Journal of Science Education*, *38*(18), 2712-2741. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1259535

Martins, I., Abelha, M., Roldão, M. C, & Costa, N. (2008). Impacte do Processo de Reorganização Curricular do Ensino Básico na área das Ciências Físicas e Naturais e na relação do professor com o trabalho curricular. *Saber (e) Educar, 13*, 263-273.

Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J, Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L., Encarnação, M. M., Horta, M. J., Calçada, M. T., Nery, R., & Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Matthews, Michael R. (2014). *Science teaching: the contribution of history and philosophy of science, 20th anniversary revised and expanded edition* (2nd edition). Routledge.

Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *Commissioned paper Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision.* National Academy of Sciences.

Mills, G. E. (2014). *Action research: A guide for the teacher researcher* (5th edition). Pearson.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(4), 474-496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

National Research Council (1996). *National Science Education Standards.* The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4962

National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/9596

National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

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). https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128

Ragsdale, F. R., & Pedretti, K. M. (2004). Making the rate: enzyme dynamics using Pop-It beads. *The American Biology Teacher*, *66*(9), 621-626. https://doi.org/10.1662/0002-7685(2004)066[0621:MTREDU]2.0.CO;2

Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). Inquiry-based science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 247-261). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_19

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. https://doi.org/10.1662/0002-7685(2008)70[163:ICUOGT]2.0.CO;2

Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(10), 1137-1160. https://doi.org/10.1002/tea.20310

Sadeh, I., & Zion, M. (2012). Which type of inquiry project do high school biology students prefer: Open or guided?. *Research in Science Education*, *42*, 831-848. https://doi.org/10.1007/s11165-011-9222-9

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/10.1002/tea.3660310605

Sörensen, P. M. (2023). Food Fermentations and Flavor: A Curiosity and Creativity Driven Approach for Interdisciplinary and Research-Oriented Science Education. *Journal of Chemical Education*, *100*(8), 2935-2946. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01153

Toplis, R. (2012). Students' views about secondary school science lessons: The role of practical work. *Research in Science Education*, *42*, 531-549. https://doi.org/10.1007/s11165-011-9209-6

Torres, J., & Vasconcelos, C. (2015). Nature of science and models: Comparing Portuguese prospective teachers' views. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(6), 1473-1494. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1407a

Traqueia, A., Pacheco, E., & Taveira, E. (2021). Reflexão crítica sobre métodos e técnicas de recolha de dados: Investigação-ação. In A., Moreira, P. Sá & A. Costa (Eds.). *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: métodos (Vol. 1)* (pp. 33-50). UA Editora. https://doi.org/10.34624/hmtj-qg49

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, *17*, 285-325. https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3

Vančugovienė, V., McMullen, J., Lehtinen, E., & Södervik, I. (2023). Exploring individual differences in photosynthesis and respiration knowledge in the context of green plants. *Journal of Biological Education*, 1-20. https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2293762

Vasconcelos, C., & Ribeiro, T. (2022). What About "The" Scientific Method? A Survey Applied to Middle and Secondary Geoscience Teachers. In M. Carmo (Ed.), *Education and New Developments (Vol. 1)* (pp. 470-474). inScience Press. https://doi.org/10.36315/2022v1end106

Vasconcelos, C., & Pinto, T. (2023). Nature-Based Solutions and the Decline of Pollution: Solving Problems to Learn Sustainable Development Goals. *Education Sciences*, *13*(11), 1135. https://doi.org/10.3390/educsci13111135

Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction- An attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, *41*(11), 1562-1577. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124

Apêndices

Apêndice 1 – Planificação geral

Planificação Global – Implementação do PI			
Disciplina		10.º ano de Biologia e Geologia	
Domínio		Transformação e utilização de energia pelos seres vivos	
AE de Domínio		Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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. Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.	
AE Transversais		Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia. Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico.	
Descritores do Perfil dos alunos		Conhecedor/ sabedor/ culto/ informado (A, B, G, I, J); Criativo (A, C, D, J); Crítico/Analítico (A, B, C, D, G); Indagador/ Investigador (C, D, F, H, I); Respeitador da diferença do outro (A, B, E, F, H); Sistematizador/ organizador (A, B, C, I, J); Questionador (A, F, G, I, J); Comunicador (A, B, D, E, H); Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F); Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)	
Conceitos-chave		Meio anaeróbio, Fermentação (alcoólica e lática), Glicólise, Redução do Ácido Pirúvico, Variáveis (dependente e independente), Controlo, Respiração aeróbia, Formação de Acetil Coenzima A, Ciclo de Krebs, Fosforilação oxidativa, Meio aeróbio, História da Ciência	
Aula	**Duração**	**Atividades de aula**	**Avaliação**
1, 2	**100 min.**	Lecionação da fermentação, com o recurso à História da Ciência; *Brainstorming* sobre o MC; Construção de hipóteses sobre a Fermentação; Elaboração de um procedimento prático em grupos, no V de Gowin; Discussão e debate em turma sobre os procedimentos elaborados	V de Gowin
3, 4, 5	**150 min.**	Realização dos procedimentos elaborados pelos alunos na aula anterior; Conclusão da elaboração do V de Gowin	V de Gowin
6, 7	**100 min.**	Lecionação da Respiração Aeróbia; Realização de uma ficha de trabalho	Ficha de trabalho
8, 9	**100 min.**	Elaboração de desenhos sobre as temáticas trabalhadas, a Fermentação e a Respiração Aeróbia; Realização de um *snapshot*	Registo em desenho, *Snapshot*

Apêndice 2 – Planificação das aulas

Plano de aula n.º 1, 2

Ano Letivo 2023/2024	NÚCLEO DE PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA DE BIOLOGIA E GEOLOGIA

Professor Estagiário Observado: **Inês Pinto**

Disciplina: Biologia e Geologia **Ano: 10º** **Turma: 4** **Data: 16/04/2024**

Domínio	Transformação e utilização de energia pelos seres vivos
Duração de aula	100 minutos
Conteúdos	Produção de energia nas células: fermentação
Aprendizagens Essenciais de Domínio	Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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. Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.
Aprendizagens Essenciais Transversais	Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.
Descritores do Perfil dos alunos	Conhecedor/ sabedor/ culto/ informado (A, B, G, I, J); Criativo (A, C, D, J); Crítico/Analítico (A, B, C, D, G); Indagador/ Investigador (C, D, F, H, I); Respeitador da diferença do outro (A, B, E, F, H); Sistematizador/ organizador (A, B, C, I, J); Questionador (A, F, G, I, J); Comunicador (A, B, D, E, H); Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F); Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)
Objetivos	Compreender o processo de fermentação (alcoólica e lática); Reconhecer o avanço do conhecimento científico; Desenvolver trabalho colaborativo; Melhorar capacidades comunicativas, críticas e refletivas.
Finalidades	Potenciar o conhecimento dos alunos acerca da fermentação (alcoólica e lática), incorporando a História da Ciência; Estimular os alunos a prever os resultados de uma experiência, relacionando-os com conceitos acerca do processo de fermentação e com o Método Científico; Potenciar a autonomia dos alunos e o trabalho colaborativo; Estimular as competências investigativas dos alunos; Potenciar as capacidades de argumentação dos alunos.
Conceitos-chave	Meio anaeróbio, fermentação, variáveis, controlo
Sumário	Introdução ao processo de fermentação. O Método Científico: preparação de uma atividade prática sobre a fermentação.

Duração	**Desenvolvimento da aula**	**Estratégias**	**Recursos educativos**
40 minutos	*Brainstorming* sobre a glicólise e introdução ao processo de fermentação através de um *powerpoint* e questionamento da turma, com referências à História da Ciência.	*Brainstorming* Exposição	*Powerpoint* V de Gowin
10 minutos	*Brainstorming* e recuperação de aprendizagens sobre o Método Científico através de um *powerpoint* e questionamento da turma.	Discussão e debate	
35 minutos	Trabalho colaborativo para elaboração de hipóteses e de um procedimento prático, a ser implementado na aula seguinte.	Trabalho colaborativo	
15 minutos	Discussão e debate em conjunto, com moderação do professor, relativamente ao procedimento desenvolvido.	Discussão e debate	

Formas de participação e envolvimento dos alunos
Participação através do *Brainstorming* e questionamento; Discussão em turma e trabalho colaborativo entre os alunos; Elaboração do procedimento da atividade prática da aula seguinte, promovendo uma participação ativa dos alunos no trabalho realizado em sala de aula.

Recursos e atividades complementares	**Avaliação**	**TPC**
	V de Gowin	Não há trabalho para casa.

Plano de aula n.º 3, 4, 5

Ano Letivo 2023/2024	NÚCLEO DE PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA DE BIOLOGIA E GEOLOGIA

Professor Estagiário Observado: **Inês Pinto**

Disciplina: Biologia e Geologia **Ano: 10º** **Turma: 4** **Data: 18/04/2024**

Domínio	Transformação e utilização de energia pelos seres vivos
Duração de aula	150 minutos
Conteúdos	Produção de energia nas células: fermentação
Aprendizagens Essenciais de Domínio	Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) e respiração aeróbia (balanço energético, natureza dos produtos finais, equação geral e glicólise como etapa comum), mobilizando conhecimentos de Química (processos exoenergéticos e endoenergéticos). Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.
Aprendizagens Essenciais Transversais	Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.
Descritores do Perfil dos alunos	Conhecedor/ sabedor/ culto/ informado (A, B, G, I, J); Criativo (A, C, D, J); Crítico/Analítico (A, B, C, D, G); Indagador/ Investigador (C, D, F, H, I); Respeitador da diferença do outro (A, B, E, F, H); Sistematizador/ organizador (A, B, C, I, J); Questionador (A, F, G, I, J); Comunicador (A, B, D, E, H); Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F); Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)
Objetivos	Trabalhar competências investigativas; Desenvolver trabalho colaborativo; Melhorar as capacidades comunicativas, críticas e reflexivas.
Finalidades	Potenciar a mobilização do conhecimento dos alunos sobre o processo de fermentação para a prática, fomentando a literacia científica dos alunos; Facilitar e guiar a realização de um trabalho prático laboratorial experimental por parte dos alunos; potenciar a autonomia dos alunos e o trabalho colaborativo; estimular as competências de investigação dos alunos; potenciar as capacidades de argumentação dos alunos.
Conceitos-chave	Meio anaeróbio, fermentação, variáveis, controlo
Sumário	Trabalho Prático Experimental: V de Gowin sobre o processo de fermentação.

Duração	**Desenvolvimento da aula**	**Estratégias**	**Recursos educativos**
15 minutos	Realização de um esquema no quadro sobre o processo de fermentação, através do questionamento da turma	Questionamento Trabalho prático laboratorial experimental Trabalho colaborativo	V de Gowin
55 minutos	Concretização dos protocolos elaborados na aula anterior sobre a fermentação. Recorre-se-á à dinâmica de trabalho de grupo.		
60 minutos	Realização de um relatório V de Gowin da atividade prática.		
20 minutos	Apresentação do trabalho prático realizado por parte de cada grupo.		

Formas de participação e envolvimento dos alunos
Implementação dos protocolos definidos pelos grupos na aula anterior, de forma autónoma; Discussão em turma e trabalho colaborativo na realização do trabalho prático e na execução do V de Gowin; Apresentação dos trabalhos práticos realizados por cada grupo, incentivando as competências de comunicação dos alunos.

Recursos e atividades complementares	**Avaliação**	**TPC**
	V de Gowin	Não há trabalho para casa.

Plano de aula n.º 6, 7

Ano Letivo 2023/2024	NÚCLEO DE PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA DE BIOLOGIA E GEOLOGIA

Professor Estagiário Observado: **Inês Pinto**

Disciplina: Biologia e Geologia **Ano: 10º** **Turma: 4** **Data: 23/04/2024**

Domínio	Transformação e utilização de energia pelos seres vivos
Duração de aula	100 minutos
Conteúdos	Produção de energia nas células: respiração aeróbia
Aprendizagens Essenciais de Domínio	Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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	Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.
Descritores do Perfil dos alunos	Conhecedor/ sabedor/ culto/ informado (A, B, G, I, J); Criativo (A, C, D, J); Crítico/Analítico (A, B, C, D, G); Indagador/ Investigador (C, D, F, H, I); Respeitador da diferença do outro (A, B, E, F, H); Sistematizador/ organizador (A, B, C, I, J); Questionador (A, F, G, I, J); Comunicador (A, B, D, E, H); Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F); Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)
Objetivos	Desenvolver o trabalho colaborativo; Melhorar capacidades comunicativas, críticas e refletivas
Finalidades	Potenciar o conhecimento dos alunos acerca da respiração aeróbica, mobolizando alguns conceitos do processo de fermentação e de química; potenciar as aprendizagens dos alunos através da modelação; estimular a autonomia dos alunos e o trabalho colaborativo; estimular as competências de investigação dos alunos; potenciar as capacidades de argumentação dos alunos.
Conceitos-chave	Respiração aeróbia, Glicólise, Formação de Acetil Coenzima A, Ciclo de Krebs, Fosforilação oxidativa
Sumário	Introdução à Respiração Aeróbia – Rendimento energético do processo aeróbio de obtenção de energia.

Duração	**Desenvolvimento da aula**	**Estratégias**	**Recursos educativos**
15 minutos	*Brainstorming* de forma a rever o processo de fermentação.	*Brainstorming* Exposição	*Powerpoint* Ficha de trabalho
65 minutos	Exposição interativa como introdução à Respiração Aeróbia através de um *powerpoint* intercalado com trabalho colaborativo com os alunos distribuídos em grupos no preenchimento de uma Ficha de Trabalho para construírem a equação química e o rendimento da Respiração Aeróbia.	Exposição Trabalho prático papel e lápis Trabalho colaborativo	
20 minutos	Discussão e debate em conjunto, com moderação do professor, relativamente ao desafio colocado aos alunos.	Discussão e debate	

Formas de participação e envolvimento dos alunos
Participação através do *Brainstorming*, discussão e debate ao longo da aula; Discussão em turma e trabalho colaborativo entre os alunos no preenchimento da ficha de trabalho.

Recursos e atividades complementares	**Avaliação**	**TPC**
	Ficha de trabalho	Ficha de trabalho relativa à História da Ciência sobre processo de fermentação

Plano de aula n.º 8, 9

Ano Letivo 2023/2024	NÚCLEO DE PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA DE BIOLOGIA E GEOLOGIA

Professor Estagiário Observado: **Inês Pinto**

Disciplina: Biologia e Geologia **Ano: 10º** **Turma: 4** **Data: 26/04/2024**

Domínio	Transformação e utilização de energia pelos seres vivos
Duração de aula	100 minutos
Conteúdos	Produção de energia nas células: fermentação e respiração aeróbia
Aprendizagens Essenciais	Relacionar a ultraestrutura de células procarióticas e eucarióticas (mitocôndria) com as etapas da fermentação e respiração.
Aprendizagens Essenciais Transversais	Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico. Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes. Articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.
Descritores do Perfil dos alunos	Conhecedor/ sabedor/ culto/ informado (A, B, G, I, J); Criativo (A, C, D, J); Crítico/Analítico (A, B, C, D, G); Indagador/ Investigador (C, D, F, H, I); Respeitador da diferença do outro (A, B, E, F, H); Sistematizador/ organizador (A, B, C, I, J); Questionador (A, F, G, I, J); Comunicador (A, B, D, E, H); Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F); Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)
Objetivos	Compreender os processos de fermentação (alcoólica e lática) e de respiração aeróbia; Reconhecer o avanço do conhecimento científico
Finalidades	Potenciar o conhecimento dos alunos acerca da natureza do conhecimento científico e a compreensão do método científico; estimular as competências de desenho dos alunos; potenciar a autonomia dos alunos e o trabalho colaborativo; estimular as competências de investigação dos alunos; potenciar as capacidades de argumentação dos alunos.
Conceitos-chave	Fermentação, respiração aeróbia, meio anaeróbio, meio aeróbio, História da Ciência
Sumário	Respiração Aeróbia. Elaboração de desenhos e um *snapshot* sobre os processos de obtenção de energia.

Duração	**Desenvolvimento da aula**	**Estratégias**	**Recursos educativos**
20 minutos	*Brainstorming* de forma a rever o processo da respiração aeróbia.	*Brainstorming*	Desenhos *Snapshot*
10 minutos	Correção do trabalho de casa da aula do dia 18 de abril.	Trabalho prático papel e lápis	
50 minutos	Elaboração de desenhos sobre os processos de obtenção de energia (fermentação e respiração aeróbia).	Modelação	
20 minutos	Realização de um *snapshot* sobre a História da Ciência e sobre a metodologia e estratégias de ensino utilizadas nas aulas do programa de intervenção.	Trabalho prático papel e lápis	

Formas de participação e envolvimento dos alunos

Participação no *brainstorming* e na realização de um esquema sobre a respiração aeróbia.

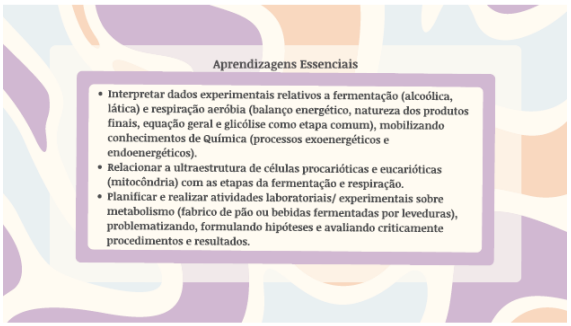
Elaboração de desenhos sobre os processos de obtenção de energia de forma individual, de forma a articular as aprendizagens das aulas anteriores;

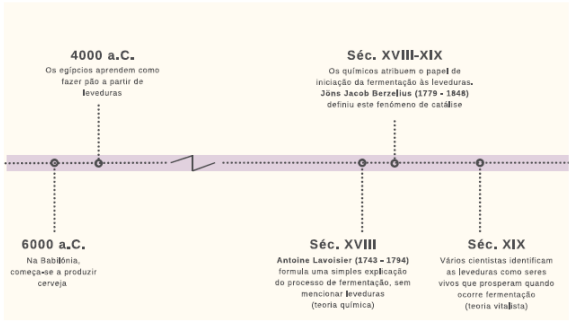
Relacionamento do conteúdo teórico sobre os processos de obtenção de energia das últimas aulas com a História da Ciência e *feedback* sobre a metodologia e estratégias de ensino utilizadas nas aulas do programa de intervenção através de um *snapshot*.

Recursos e atividades complementares	**Avaliação**	**TPC**
	Desenhos e *Snapshot*	Não há trabalho para casa.

Apêndice 3 – Documento *powerpoint* (fermentação)



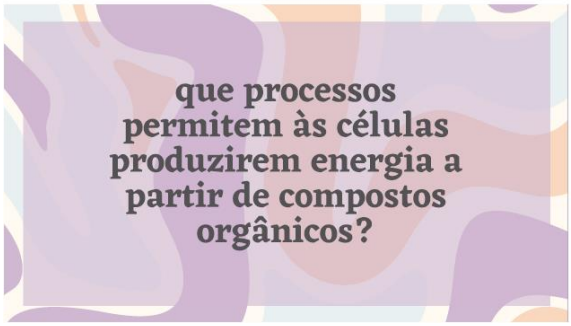


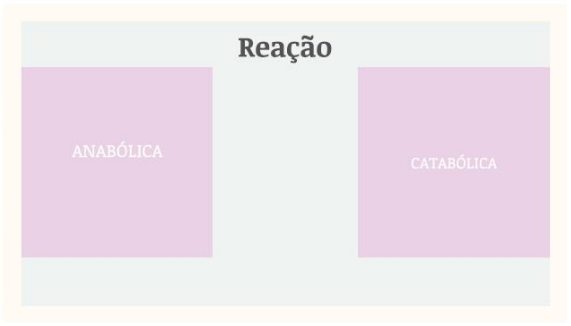


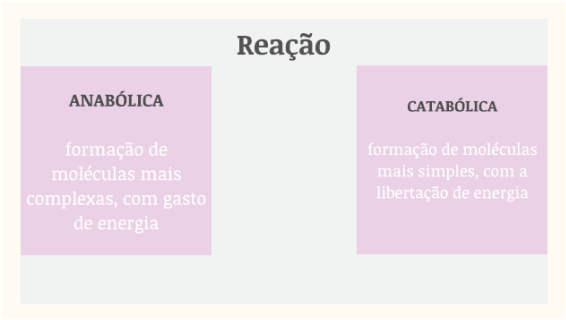


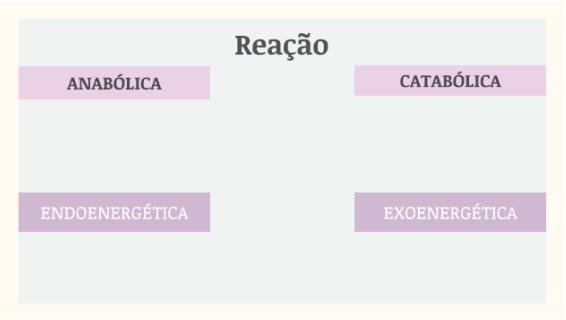


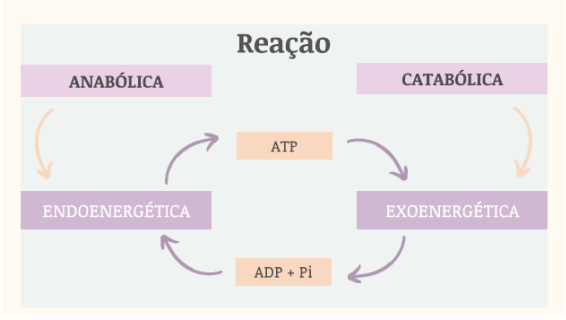


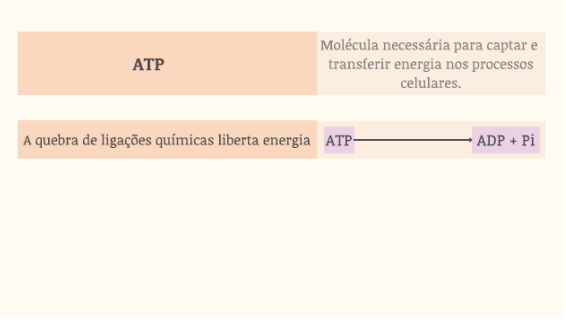


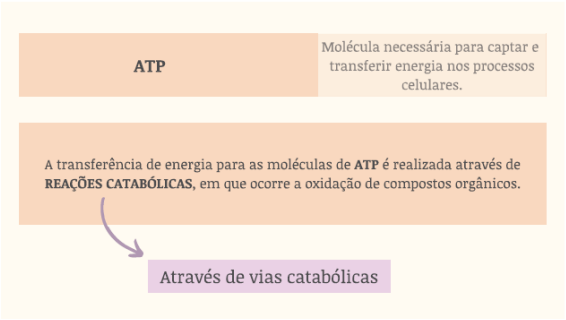


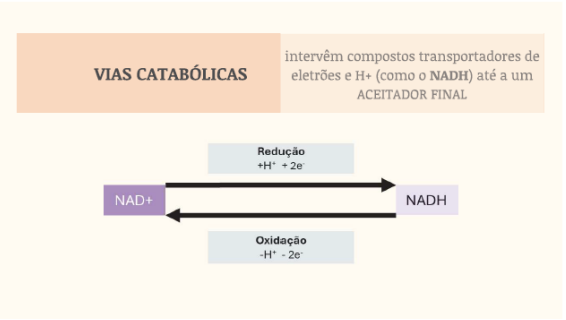

Reação
ANABÓLICA
formação de moléculas mais complexas, com gasto de energia
CATABÓLICA
formação de moléculas mais simples, com a libertação de energia


Reação
ANABÓLICA
CATABÓLICA
ENDOENERGÉTICA
EXOENERGÉTICA


Reação
ANABÓLICA
CATABÓLICA
ATP
ENDOENERGÉTICA
EXOENERGÉTICA
ADP + Pi

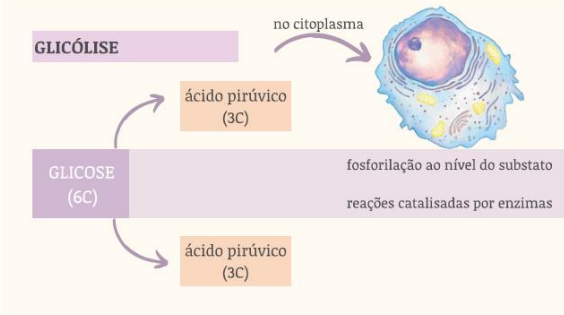

ATP
Molécula necessária para captar e transferir energia nos processos celulares.
A quebra de ligações químicas liberta energia
ATP
ADP + Pi

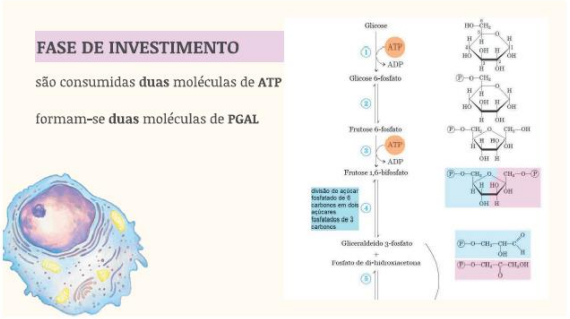

ATP
Molécula necessária para captar e transferir energia nos processos celulares.
A transferência de energia para as moléculas de ATP é realizada através de REAÇÕES CATABÓLICAS, em que ocorre a oxidação de compostos orgânicos.
Através de vias catabólicas

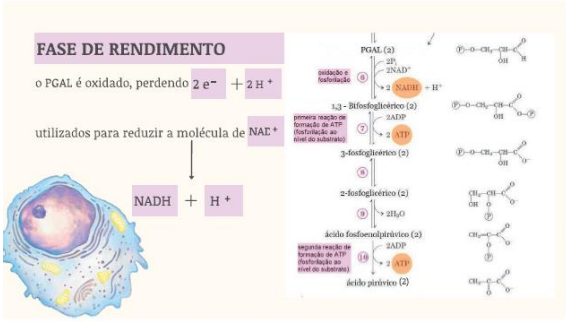

VIAS CATABÓLICAS
intervêm compostos transportadores de eletrões e H+ (como o NADH) até a um ACEITADOR FINAL
Redução
+H+ + 2e-
NAD+
NADH
Oxidação
-H+ - 2e-

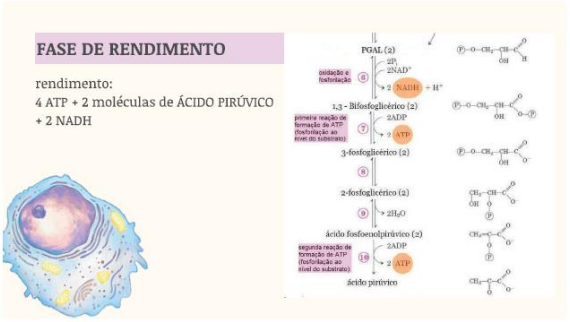

VIAS CATABÓLICAS
intervêm compostos transportadores de eletrões e H+ (como o NADH) até a um ACEITADOR FINAL
FERMENTAÇÃO
molécula interna, que deriva do substrato inicial
RESPIRAÇÃO
molécula externa e inorgânica

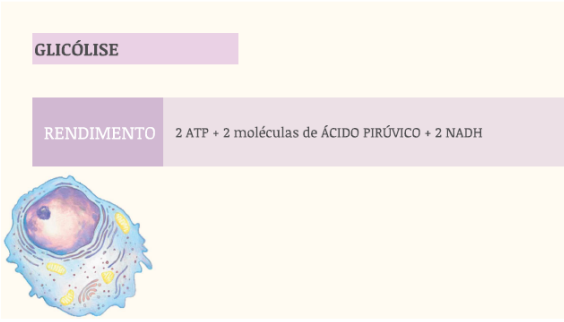

REAÇÕES CATABÓLICAS
FERMENTAÇÃO
RESPIRAÇÃO
aeróbia
anaeróbia

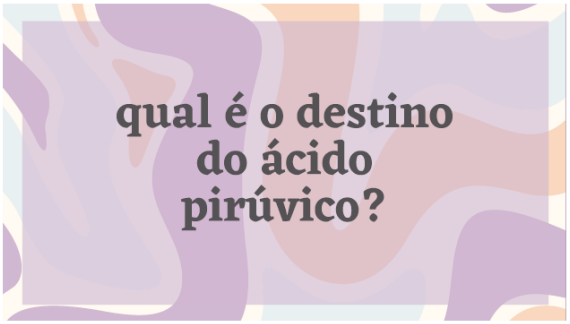

GLICÓLISE
no citoplasma
ácido pirúvico (3C)
GLICOSE (6C)
fosforilação ao nível do substato
reações catalisadas por enzimas
ácido pirúvico (3C)

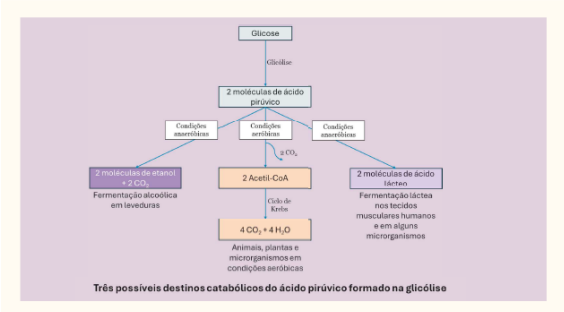

FASE DE INVESTIMENTO
são consumidas duas moléculas de ATP
formam-se duas moléculas de PGAL

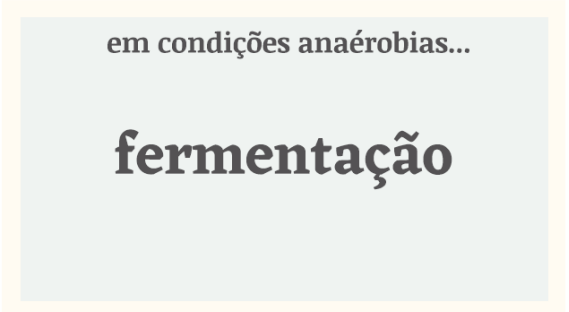

FASE DE RENDIMENTO
o PGAL é oxidado, perdendo 2 e⁻ + 2 H⁺
utilizados para reduzir a molécula de NAL⁺
NADH + H⁺


FASE DE RENDIMENTO
rendimento:
4 ATP + 2 moléculas de ÁCIDO PIRÚVICO
+ 2 NADH


GLICÓLISE
RENDIMENTO
2 ATP + 2 moléculas de ÁCIDO PIRÚVICO + 2 NADH


qual é o destino do ácido pirúvico?


Glicose
Glicólise
2 moléculas de ácido pirúvico
Condições anaeróbias
Condições aeróbias
Condições anaeróbias
2 moléculas de etanol + 2 CO₂
Fermentação alcoólica em leveduras
2 Acetil-CoA
Ciclo de Krebs
4 CO₂ + 4 H₂O
Animais, plantas e microrganismos em condições aeróbicas
2 moléculas de ácido lático
Fermentação láctea nos tecidos musculares humanos e em alguns microrganismos
Três possíveis destinos catabólicos do ácido pirúvico formado na glicólise


em condições anaérobias...
fermentação

em condições anaérobias...

fermentação

termo geral para os processos de obtenção de energia que extraem energia (como ATP), mas não consumem oxigénio nem alteram a concentração de NAD+ ou NADH

FERMENTAÇÃO

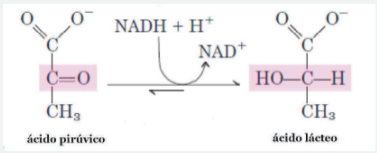
LÁCTEA

o ácido pirúvico é o aceitador final de eletrões

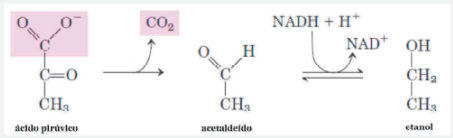
ALCÓOLICA

o ácido pirúvico é descarboxilado a acetaldeído que é usado como aceitador final de eletrões, dando origem a etanol

REDUÇÃO DO ÁCIDO PIRÚVICO... na fermentação láctea



REDUÇÃO DO ÁCIDO PIRÚVICO... na fermentação alcoólica



FERMENTAÇÃO LÁCTEA

EQUAÇÃO $C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ Pi \longrightarrow 2$ ácido lácteo $+ 2\ ATP$

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

EQUAÇÃO $C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ Pi \longrightarrow 2$ etanol $+ 2\ CO_2 + 2\ ATP$

Vários cientistas ridicularizam a interpretação vitalista da fermentação... Porquê explicá-la a partir do papel de um ser vivo, se esta já tinha sido descrita através de uma simples reação química?



LIEBIG

considerava que a fermentação era causada pela decomposição química da putrefação de uma substância animal ou vegetal, sem intervenção de microrganismos.



PASTEUR

considerava que a fermentação resultava da atividade de microrganismos vivos e que se alimentavam das substâncias do meio de fermentação. Assim sendo, na sua interpretação do processo de fermentação, este era um processo biológico e não um processo de oxidação-redução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell (7th edition)*. WW Norton & Company.
- Direção-Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia, 10.º ano*. Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2008). *Lehninger, Principles of Biochemistry (5th edition)*. New York: WH Freeman and Company.

Apêndice 4 – Documento *powerpoint* (método científico)

Método Científico

Biologia e Geologia 10ºA 16.04.2024

APRENDIZAGENS ESSENCIAIS

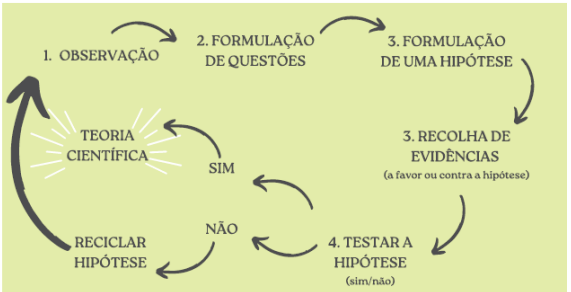
- Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) e respiração aeróbia (balanço energético, natureza dos produtos finais, equação geral e glicólise como etapa comum), mobilizando conhecimentos de Química (processos exoenergéticos e endoenergéticos).
- Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.

A Biologia é uma área da ciência que se organiza pelo método científico.

O conhecimento científico da ciência é obtido a partir do método científico.

O método científico

qual é o método científico da Biologia? e o da Geologia?
como é que nós investigamos?



O método científico

é um processo dinâmico, em que modelos e teorias que explicam as observações num determinado momento podem ser substituídos à medida que novos dados vão surgindo

1. OBSERVAÇÃO

2. FORMULAÇÃO DE QUESTÕES
   1. De que forma a concentração de açúcar condiciona a realização da fermentação?
   2. De que forma a presença de açúcar influencia o processo de fermentação?
   3. De que forma a temperatura condiciona a realização da fermentação?

1. OBSERVAÇÃO

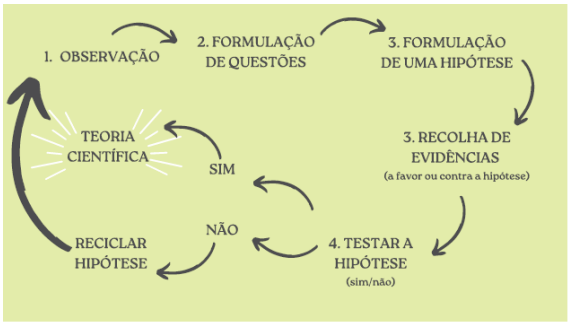
2. FORMULAÇÃO DE QUESTÕES
   1. De que forma a concentração de açúcar condiciona a realização da fermentação?
   2. De que forma a presença de açúcar influencia o processo de fermentação?
   3. De que forma a temperatura condiciona a realização da fermentação?

3. FORMULAÇÃO DE UMA HIPÓTESE

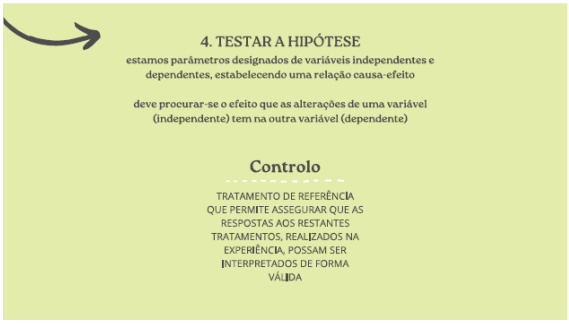
1. OBSERVAÇÃO

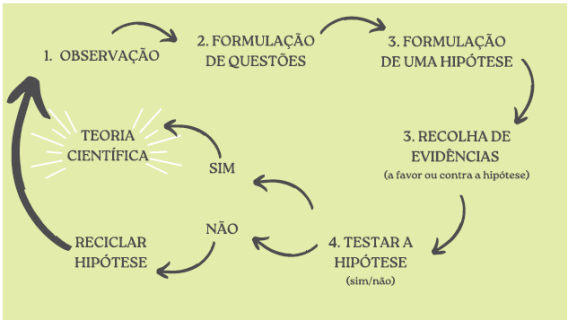
2. FORMULAÇÃO DE QUESTÕES
   1. De que forma a concentração de açúcar condiciona a realização da fermentação?
   2. De que forma a presença de açúcar influencia o processo de fermentação?
   3. De que forma a temperatura condiciona a realização da fermentação?

3. FORMULAÇÃO DE UMA HIPÓTESE
   1. Uma maior concentração de substrato no meio irá evidenciar uma maior produção dos produtos finais da fermentação.
   2. A fermentação alcoólica inicia-se com a degradação da molécula de glicose, que funciona como fonte de energia do processo.
   3. Quanto mais próxima a temperatura do meio (água) estiver da temperatura ótima de realização da fermentação, mais rápido esta ocorre.









Referências Bibliográficas

Phelan, J. (2015). Scientific thinking. In *What is life? A guide to Biology* (3rd edition). W. H. Freeman and Company.

Apêndice 5 – V de Gowin (presença/ausência de açúcar) e sugestão de correção

Biologia e Geologia 10°4 | **V de GOWIN: fermentação alcoólica em *Sachoromyces cerevisiae*** | **Domínio:** Transformação e utilização de energia pelos seres vivos

Fundamentação Teórica

As reações catabólicas que permitem obter energia contida nos compostos orgânicos são classificadas tendo em conta o aceitador final de eletrões, resultante da oxidação desses compostos. Existem duas formas alternativas de obtenção de energia a partir da oxidação da glicose: a respiração aeróbia e a fermentação.

A fermentação é um processo de obtenção de energia que não requer a presença de oxigénio, podendo, por essa razão, ser realizada em condições de anaerobiose. Neste processo, a oxidação da glicose é incompleta, pelo que o rendimento energético é muito mais baixo do que o da respiração aeróbia.

Princípios/Assunções

- A fermentação ocorre no citoplasma das células e compreende duas etapas: a glicólise e a redução do ácido pirúvico;
- Existem diversos tipos de fermentação, nomeadamente a fermentação alcoólica, onde o ácido pirúvico é descarboxilado a acetaldeído que é usado como aceitador final de eletrões, dando origem a etanol;
- A fermentação alcoólica é realizada por leveduras, como é o caso das leveduras do género *Sacharomyces*, que são utilizadas na produção de vinho, de cerveja e de pão.
- As leveduras ***Sachoromyces cerevisiae*** são anaeróbias facultativas.

Questão Orientadora

De que forma a presença de açúcar influencia o processo de fermentação?

Juízo de valor

Apesar da simplicidade desta experiência, a mesma explica o processo da fermentação **alcoólica**, presente em algumas bactérias e fungos. Em paralelo, permite abordar questões experimentais, nomeadamente variáveis dependentes/independentes assim como o **controlo**. A definição do número de amostras e controlos a incluir nesta experiência é pertinente e permite analisar como as variáveis, dependente (**balão encher (libertação CO2)/cheiro a álcool e nº de leveduras**) e independente (**presença de açúcar**) influenciam o processo em estudo, constituindo assim, uma atividade bastante versátil.

Juízo cognitivo

Os resultados demonstraram a realização da fermentação alcoólica apenas na garrafa 2, por deteção dos produtos deste processo, pelo que pode afirmar-se que para que ocorra fermentação é necessária em simultâneo a presença de microrganismos e de uma fonte de energia orgânica, um glícido. Ainda que as leveduras possam realizar respiração aeróbia, com oxidação total da glicose e formação de ATP, quando o oxigénio se esgota (no interior da garrafa), realizam processos anaeróbios, como a fermentação alcoólica, sendo assim organismos anaeróbios facultativos.

Por observação das preparações das duas garrafas ao MOC, em ambas observou-se leveduras, mas na amostra da garrafa 2 as leveduras encontravam-se em maior número, pois reproduzem-se durante o processo. A fermentação alcoólica inicia-se com uma molécula de glicose, contudo, como foi usada sacarose (açúcar), as leveduras necessitam de desdobrar previamente a molécula de sacarose em frutose e glicose. Os processos de respiração necessitam de uma fonte de energia, que é o açúcar.

Conceitos

Reação catabólica, fermentação, fermentação alcoólica, respiração aeróbia, *Sachoromyces cerevisiae*, leveduras, glicose, etanol, microscópio ótico composto (MOC)

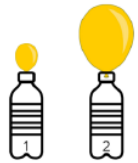
Acontecimentos/Material

- Colocou-se 200 mL de água num gobelé e aqueceu-se na placa de aquecimento até ficar morna. Adicionou-se uma saqueta de fermento padeiro (11 g – leveduras *Sacharomyces cerevisiae*) e agitou-se.
- A água com as leveduras foi dividida por duas garrafas: a garrafa 1 funcionou como controlo e à garrafa 2 adicionou-se uma saqueta de açúcar (4g - sacarose).
- Agitou-se as garrafas;
- Cobriu-se cada uma das garrafas com um balão de forma que não ocorram trocas gasosas com o exterior.
- Ao fim de 30 min, registou-se as alterações na forma e volume do balão e se o cheiro a etanol estava presente. Recolheu-se amostras do conteúdo de cada garrafa e observou-se ao MOC, comparando-as.

Transformações

Garrafa	Gás	Cheiro a álcool	Nº de leveduras
1 (controlo)	O balão não encheu	Não cheirou a álcool	Menor número de leveduras
2	O balão encheu	Cheirou a álcool	Maior número de leveduras

Registos





Garrafa 1 400x | Garrafa 2 400x

Nome: _____ **nº:**_____

Apêndice 6 - V de Gowin (temperatura) e sugestão de correção

Biologia e Geologia 10°4 — **V de GOWIN: fermentação alcoólica em *Sachoromyces cerevisiae*** — **Domínio:** Transformação e utilização de energia pelos seres vivos

Fundamentação Teórica

As reações catabólicas que permitem obter energia contida nos compostos orgânicos são classificadas tendo em conta o aceitador final de eletrões, resultante da oxidação desses compostos. Existem duas formas alternativas de obtenção de energia a partir da oxidação da glicose: a respiração aeróbia e a fermentação.

A fermentação é um processo de obtenção de energia que não requer a presença de oxigénio, podendo, por essa razão, ser realizada em condições de anaerobiose. Neste processo, a oxidação da glicose é incompleta, pelo que o rendimento energético é muito mais baixo do que o da respiração aeróbia.

Princípios/Assunções

- A fermentação ocorre no citoplasma das células e compreende duas etapas: a glicólise e a redução do ácido pirúvico;
- Existem diversos tipos de fermentação, nomeadamente a fermentação alcoólica, onde o ácido pirúvico é descarboxilado a acetaldeído que é usado como aceitador final de eletrões, dando origem a etanol;
- A fermentação alcoólica é realizada por leveduras, como é o caso das leveduras do género *Sacharomyces*, que são utilizadas na produção de vinho, de cerveja e de pão.
- As leveduras ***Sachoromyces cerevisiae*** são anaeróbias facultativas.

Questão Orientadora

De que forma a temperatura condiciona a realização da fermentação?

Juízo de valor

Apesar da simplicidade desta experiência, a mesma explica o processo da fermentação **alcoólica**, presente em algumas bactérias e fungos. Em paralelo, permite abordar questões experimentais, nomeadamente variáveis dependentes/independentes assim como o **controlo**. A definição do número de amostras e controlos a incluir nesta experiência é pertinente e permite analisar como as variáveis, dependente (**libertação de gás/cheiro a álcool/nº de leveduras**) e independente (**temperatura**) influenciam o processo em estudo, constituindo assim, uma atividade bastante versátil.

Juízo cognitivo

Os resultados demonstraram que a temperatura influencia a realização da fermentação alcoólica por parte das leveduras. Quanto mais próxima a temperatura do meio (água) estiver da temperatura ótima de realização da fermentação, mais rápido esta ocorre.

Ao final de 1h30, na garrafa 1 não ocorreu fermentação, ao contrário das restantes duas garrafas. Contudo, a garrafa 2 (controlo), o meio (água) onde estavam as leveduras encontrava-se a temperatura ambiente, e a fermentação demorou mais a começar comparativamente à garrafa 3, onde o meio (água) se encontrava a uma temperatura superior. Por observação das preparações das três garrafas ao MOC, o número de leveduras observado nas preparação era proporcional ao aumento da temperatura do meio, evidenciando um aumento do metabolismo das leveduras, e, consequentemente, uma reprodução mais rápida. Os processos de obtenção de energia iniciam-se com uma molécula de glicose, contudo, como foi usada sacarose (açúcar), as leveduras necessitam de desdobrar previamente a molécula de sacarose em frutose e glicose.

Conceitos

Reação catabólica, fermentação, fermentação alcoólica, respiração aeróbia, *Sachoromyces cerevisiae*, leveduras, glicose, etanol, microscópio ótico composto (MOC)

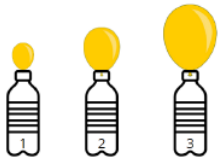
Acontecimentos/Material

- Em cada garrafa foi colocada 100 mL de água a diferentes temperaturas. Na garrafa 1, colocou-se água fria do frigorífico; na garrafa 2 colocou-se água a temperatura ambiente (controlo) e na garrafa 3 colocou-se água morna (aquecida previamente num gobelé na placa de aquecimento).
- Adicionou-se uma saqueta de açúcar em cada garrafa (4g – sacarose) e uma saqueta de fermento padeiro (4,8 g – leveduras *Sacharomyces cerevisiae*), e agitou-se.
- Cobriram-se as garrafas com um balão de forma que não ocorram trocas gasosas com o exterior, e registaram-se as alterações observadas.
- Ao fim de 30 min, registou-se as alterações na forma e volume do balão e se o cheiro a etanol estava presente. Recolheu-se amostras do conteúdo de cada garrafa e observou-se ao MOC, comparando-as.

Transformações

Garrafa	Gás	Cheiro a álcool	Nº de leveduras
1 (água fria)	O balão não encheu	Não cheirou a álcool	Menor número de leveduras
2 (água temp amb)	O balão não encheu/encheu menos	Não cheirou a álcool/cheirou a álcool	Menor número de leveduras
3 (água morna)	O balão encheu	Cheirou a álcool	Maior número de leveduras

Registos





Nome: _____ **nº:**_____

Apêndice 7 - V de Gowin (concentração de açúcar) e sugestão de correção

Biologia e Geologia 10°4 | **V de GOWIN: fermentação alcoólica em *Sachoromyces cerevisiae*** | **Domínio:** Transformação e utilização de energia pelos seres vivos

Fundamentação Teórica

As reações catabólicas que permitem obter energia contida nos compostos orgânicos são classificadas tendo em conta o aceitador final de eletrões, resultante da oxidação desses compostos. Existem duas formas alternativas de obtenção de energia a partir da oxidação da glicose: a respiração aeróbia e a fermentação.

A fermentação é um processo de obtenção de energia que não requer a presença de oxigénio, podendo, por essa razão, ser realizada em condições de anaerobiose. Neste processo, a oxidação da glicose é incompleta, pelo que o rendimento energético é muito mais baixo do que o da respiração aeróbia.

Princípios/Assunções

- A fermentação ocorre no citoplasma das células e compreende duas etapas: a glicólise e a redução do ácido pirúvico;
- Existem diversos tipos de fermentação, nomeadamente a fermentação alcoólica, onde o ácido pirúvico é descarboxilado a acetaldeído que é usado como aceitador final de eletrões, dando origem a etanol;
- A fermentação alcoólica é realizada por leveduras, como é o caso das leveduras do género *Sacharomyces*, que são utilizadas na produção de vinho, de cerveja e de pão.
- As leveduras ***Sachoromyces cerevisiae*** são anaeróbias facultativas.

Questão Orientadora

De que forma a concentração de açúcar condiciona a realização da fermentação?

Juízo de valor

Apesar da simplicidade desta experiência, a mesma explica o processo da fermentação **alcoólica**, presente em algumas bactérias e fungos. Em paralelo, permite abordar questões experimentais, nomeadamente variáveis dependentes/independentes assim como o **controlo**. A definição do número de amostras e controlos a incluir nesta experiência é pertinente e permite analisar como as variáveis, dependente (**libertação de gás/cheiro a álcool/nº de leveduras**) e independente (**concentração de açúcar**) influenciam o processo em estudo, constituindo assim, uma atividade bastante versátil.

Juízo cognitivo

Os resultados demonstraram que a concentração de açúcar influencia a realização da fermentação alcoólica por parte das leveduras.

Ao final de 1h30, na garrafa 1 (controlo) não ocorreu fermentação, ao contrário das restantes duas garrafas. Na garrafa 2, o substrato disponível para as leveduras obterem energia era menor do que na garrafa 3, assim sendo, na garrafa 2 observou-se uma menor produção de dióxido de carbono. Na observação das preparações das três garrafas ao MOC, o número de leveduras observado nas preparação era proporcional ao aumento da concentração de açúcar no meio, evidenciando um aumento do metabolismo das leveduras, e, consequentemente, uma reprodução mais rápida. Os processos de obtenção de energia iniciam-se com uma molécula de glicose, contudo, como foi usada sacarose (açúcar), as leveduras necessitam de desdobrar previamente a molécula de sacarose em frutose e glicose.

Conceitos

Reação catabólica, fermentação, fermentação alcoólica, respiração aeróbia, *Sachoromyces cerevisiae*, leveduras, glicose, etanol, microscópio ótico composto (MOC)

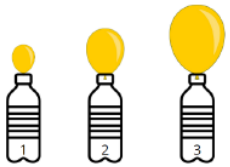
Acontecimentos/Material

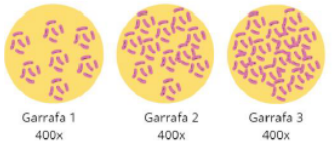
- Em cada garrafa foi colocada 100 mL de água com leveduras. Na garrafa 1, não se colocou açúcar; na garrafa 2, juntou-se uma saqueta de açúcar; e na garrafa 3 colocou-se duas saquetas de açúcar.
- Agitou-se as garrafas;
- Cobriram-se as garrafas com um balão de forma que não ocorram trocas gasosas com o exterior, e registaram-se as alterações observadas.
- Ao fim de 30 min, registou-se as alterações na forma e volume do balão e se o cheiro a etanol estava presente. Recolheu-se amostras do conteúdo de cada garrafa e observou-se ao MOC, comparando-as.

Transformações

Garrafa	Gás	Cheiro a álcool	Nº de leveduras
1 (sem açúcar)	O balão não encheu	Não cheirou a álcool	Menor número de leveduras
2 (menor conc de açúcar)	O balão encheu menos	Cheirou a álcool	Menor número de leveduras, mas maior do de a garrafa 1
3 (maior conc de açúcar)	O balão encheu mais	Cheirou a álcool	Maior número de leveduras

Registos





Nome: _____ **nº:**_____

Apêndice 8 – Ficha de trabalho (HC) e sugestão de correção

A polémica entre Louis Pasteur e Justus von Liebig sobre a fermentação

Ao longo da história da Humanidade muitos alquimistas tentaram formular o processo de fermentação alcoólica através de reações químicas, a partir de métodos que lhes conferiram sucesso com outros fenómenos naturais. Ilustres químicos franceses como Antoine Lavoisier (1743-1794) e Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) estudaram a transformação da cana-de-açúcar em álcool através de métodos quantitativos. Lavoisier obteve uma formulação simples do processo, que deu a entender que teria descoberto a natureza do fenómeno, no qual não havia interferência das leveduras.

Contudo, todos os químicos da época consideravam que as leveduras acompanhavam a reação, ou, pelo menos, eram quem iniciava a reação sem participar na mesma. Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), batizou este fenómeno de catálise. Justus von Liebig (1803-1873) opôs-se à utilização do termo catálise, pois acreditava que se tratava de um termo vago.

Em 1837, Charles Cagniard de La Tour (1777-1859) e outros cientistas identificaram a levedura como um organismo que se desenvolve quando o açúcar fermenta. Em 1839, em Paris, a pedido da Academia Francesa de Ciências, Pierre Turpil (1772-1853) confirmou as observações de Cagniard de La Tour. Liebig encontra-se entre um grupo de cientistas que rejeitaram a ideia da explicação da fermentação ter um carácter vitalista. Assim sendo, em meados do século XIX, continuava-se a não saber ao certo o que era a fermentação. Duas das teorias que existiam na altura eram a teoria química e a teoria vitalista.

A teoria química, defendida pelo químico alemão Liebig, seguiu as ideias de Lavoisier. Segundo esta teoria a fermentação decorria da decomposição química provocada pela putrefação de uma substância animal ou vegetal, mas que não exigia a intervenção de microrganismos. Ou seja, não se tratava de um processo biológico.

A teoria vitalista, reunindo as ideias de Cagniard de La Tour, teve como grande impulsionador Louis Pasteur (1822-1895). Os primeiros estudos de Pasteur sobre a fermentação foram sobre a fermentação alcoólica. Nestes estudos, Pasteur concluiu que os seres vivos são responsáveis pelo processo de fermentação. Tratava-se, portanto, de um processo biológico e não um processo químico de oxidação-redução.

A controvérsia entre Pasteur e Liebig sobre a natureza da fermentação alcoólica foi esclarecida anos mais tarde pelo químico alemão Eduard Buchner (1860-1917).

A disputa entre Liebig e Pasteur atrasou, de certa forma, o avanço da ciência na área da fermentação e das enzimas, uma vez que nenhum dos dois estava correto. No entanto, as suas ideias contraditórias também aceleraram a investigação nesse mesmo domínio graças às contribuições de outros cientistas. O trabalho de Buchner sobre a fermentação abriu caminho para os estudos das enzimas e da fermentação, um momento-chave na história da ciência.

Adaptado de García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2017). Understanding the nature of science through a critical and reflective analysis of the controversy between Pasteur and Liebig on fermentation. *Science & Education*, *26*, 65-91.



Figura 1- O Método Científico.

1. De acordo com o que leste no texto e observaste na Figura 1:
    a. Explica de que forma a investigação científica se desenvolve principalmente através de processos sucessivos de experimentação e teste.

A investigação científica origina novo conhecimento científico através do método científico. Assim sendo, podemos verificar que no estudo da fermentação, a teoria química e a teoria vitalista - que existiam em meados do século XIX - eram sustentadas por trabalhos mais antigos de outros cientistas. Por exemplo, a teoria química defendida pelo químico alemão Liebig, inspirou-se nos estudos de Lavoisier.

A introdução de novos dados, como a identificação das leveduras como organismos que se desenvolvem quando ocorre a fermentação, moldou as investigações que se seguiram, conduzindo os cientistas da altura a testarem novas hipóteses e a chegarem a novas conclusões, como foi o caso de Pasteur e Liebig.

    b. Consideras que a existência de disputas ou desacordos entre cientistas acerca de um determinado problema de investigação poderá auxiliar, ou não, o avanço da ciência? Justifica.

A existência de duas explicações contraditórias do processo de fermentação atrasou o avanço da ciência no domínio dos processos bioquímicos. Contudo, a disputa entre Liebig e Pasteur inspirou outros cientistas, como Buchner, que deixou um legado importante no estudo das enzimas e da fermentação.

Apêndice 9 – Documento *powerpoint* (respiração aeróbia)

Respiração aeróbia

Biologia e Geologia 10ºA 23.04.2024

Aprendizagens Essenciais

- Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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.
- Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.

REAÇÕES CATABÓLICAS

FERMENTAÇÃO

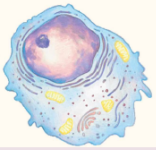
RESPIRAÇÃO

aeróbia

anaeróbia

GLICÓLISE

no citoplasma



GLICOSE (6C)

ácido pirúvico (3C)

ácido pirúvico (3C)

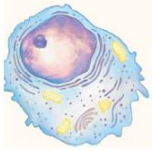
fosforilação ao nível do substato

reações catalisadas por enzimas

FASE DE INVESTIMENTO

são consumidas **duas** moléculas de **ATP**

formam-se **duas** moléculas de **PGAL**



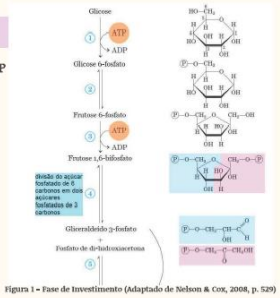


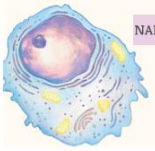
Figura 1 - Fase de Investimento (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 529)

FASE DE RENDIMENTO

o PGAL é oxidado, perdendo $2\ e^-$ + $2\ H^+$

utilizados para reduzir a molécula de NAD^+

NADH + H^+



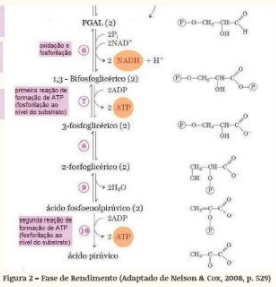
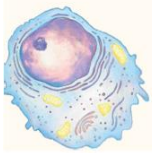


Figura 2 - Fase de Rendimento (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 529)

FASE DE RENDIMENTO

rendimento:
4 ATP + 2 moléculas de ÁCIDO PIRÚVICO
+ 2 NADH



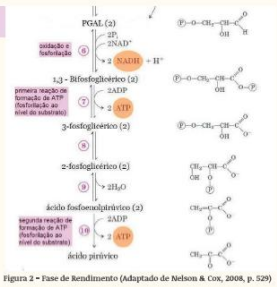
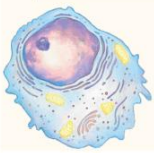


Figura 2 - Fase de Rendimento (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 529)

GLICÓLISE

RENDIMENTO 2 ATP + 2 moléculas de ÁCIDO PIRÚVICO + 2 NADH



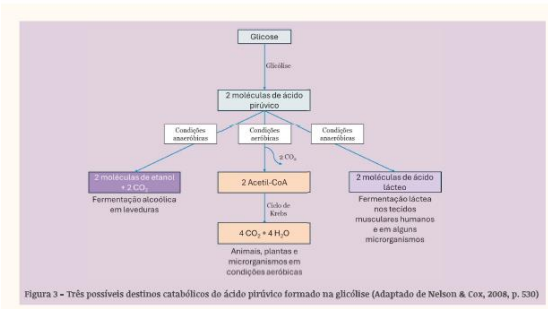
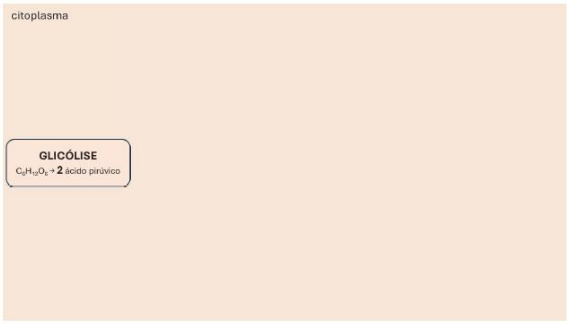
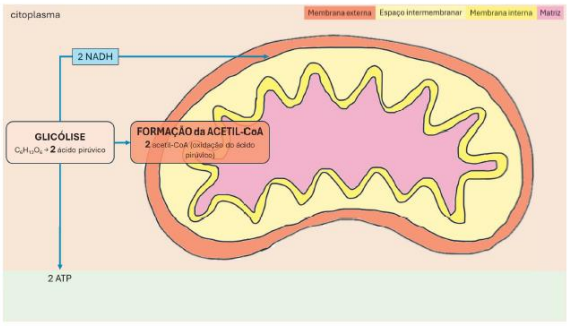
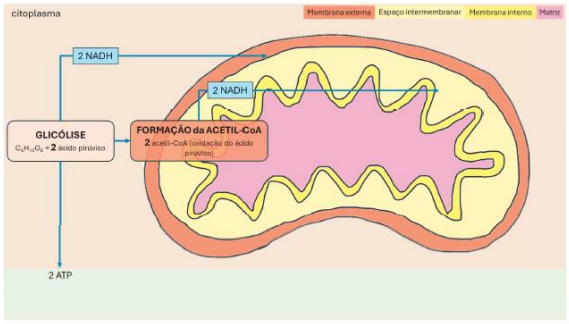


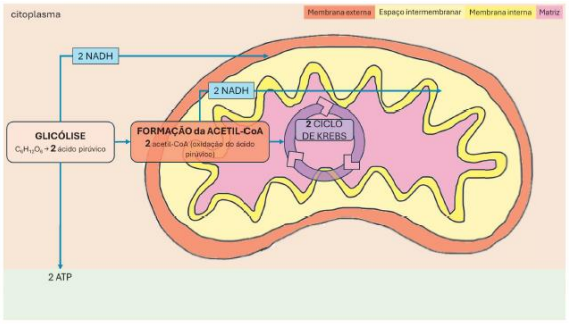
Figura 3 - Três possíveis destinos catabólicos do ácido pirúvico formado na glicólise (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 530)

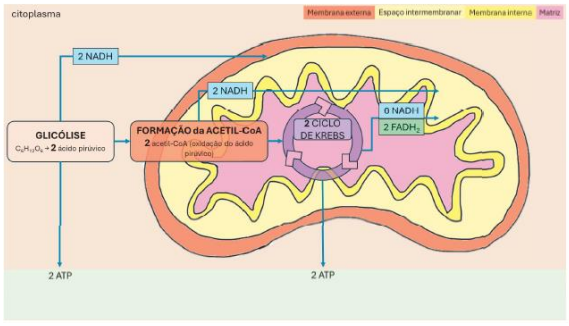


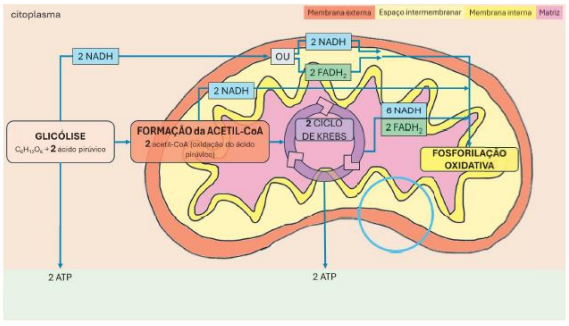


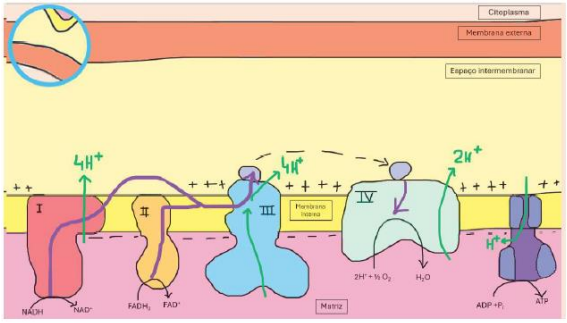


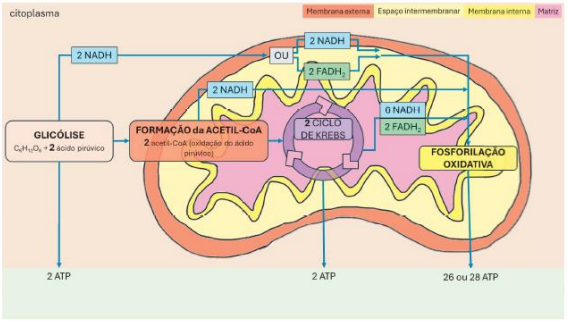












REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell (7th edition)*. WW Norton & Company.
- Direção-Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia, 10.º ano*. Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2008). *Lehninger, Principles of Biochemistry (5th edition)*. New York: WH Freeman and Company.

Apêndice 10 – Ficha de trabalho (rendimento da respiração aeróbia) e sugestão de correção

Nome: _____ nº:_____ DATA ___/___/____

PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE ENERGIA: RESPIRAÇÃO AERÓBIA

Aprendizagens Essenciais

- Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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;
- Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados (Direção Geral da Educação, 2018).

A fim de conhecer o processo da Respiração Aeróbia, é importante refletir sobre a atividade prática experimental realizada na aula passada, para analisar a forma como as células obtêm energia através do mesmo.

Alguns organismos obtêm a energia de que necessitam exclusivamente através da fermentação. Estes organismos, como as bactérias do género *Clostridium*, vivem na ausência de oxigénio, sendo por isso considerados anaeróbios obrigatórios. Os organismos anaeróbios facultativos, como as *Sacchoromyces cerevisiae* (Figura 1), podem realizar fermentação ou obter ATP em processos que decorrem em condições aeróbias.

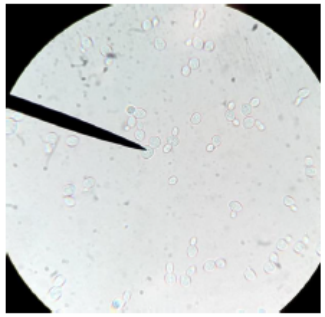


Figura 1- *Sacchoromyces cerevisiae*. (Adaptado de César Pinto Carneiro, 2021).

■ OBSERVAÇÃO:

A demonstração do processo de obtenção de energia anaeróbia por parte das *Sachoromyces cerevisiae* foi observado na aula passada.

1. **Identifica** o processo de obtenção de energia realizado pelas *Sachoromyces cerevisiae* num…
   - Meio anaeróbio: Fermentação
   - Meio aeróbio: Respiração aeróbia
2. **Indica** em que meio se observa um maior metabolismo por parte das *Sachoromyces cerevisiae*. Respiração aeróbia.

■ HIPÓTESE:

3. **Elabora** uma hipótese que explica a observação anterior.
   A respiração aeróbia é um processo de obtenção de energia mais rentável do que a fermentação, dando origem a mais ATP, através da oxidação completa da molécula de glicose.

CÁLCULO DO RENDIMENTO DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA

Após o aparecimento das cianobactérias, ao longo da evolução biológica, o aumento dos níveis de oxigénio da atmosfera terrestre conduziu ao aparecimento de um processo de obtenção de energia mais eficaz, a respiração aeróbia (Nelson & Cox, 2008). Nesta via metabólica, o ácido pirúvico é completamente oxidado, dando origem a uma quantidade considerável de energia na forma de ATP (Alberts et al., 2022).

Na presença do O_2, a produção de ATP ocorre em vias metabólicas que constituem a respiração aeróbia, que compreende **as seguintes quatro etapas** (Nelson & Cox, 2008):

1. GLICÓLISE

Esta etapa, que ocorre no citoplasma, é comum aos processos de fermentação. Na glicólise, uma molécula de glicose é degradada numa série de reações em duas moléculas de ácido pirúvico (Alberts et al., 2022).

A glicólise decorre ao longo de 10 etapas (Figura 2), em que as cinco primeiras constituem a fase de investimento. Esta inicia-se com a fosforilação da glicose, com consumo de ATP, que se divide em duas moléculas de ácido pirúvico (Nelson & Cox, 2008). Ao longo da fase seguinte, a fase de rendimento, cada molécula de PGAL sofre um conjunto de reações de oxidação-redução que permitem:

- a transferência de eletrões e de iões H para moléculas de NAD+, que passam, assim, ao seu estado reduzido – NADH;
- a fosforilação de 4 moléculas de ADP em 4 moléculas ATP (Nelson & Cox, 2008).

No final, formam-se duas moléculas de ácido pirúvico. No balanço energético da glicólise, regista-se, contudo, um ganho de apenas duas moléculas de ATP, uma vez que outras duas são consumidas na fase de investimento da glicose (Nelson & Cox, 2008).

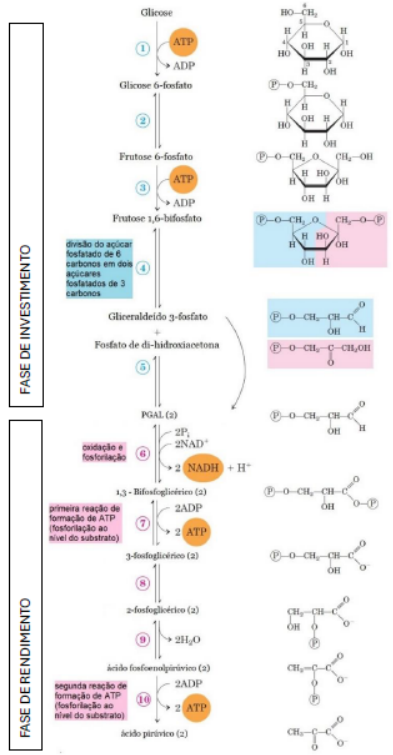


Figura 2- Glicólise (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 529).

a. Escreve uma reação química geral da glicólise, considerando os dados da figura 1.

Glicose + 2 NAD+ + 2 ADP + 2 Pi → 2 NADH + 2 ácido pirúvico + 2 ATP + 2 H_2O

2. FORMAÇÃO DE ACETIL-COENZIMA A

Na glicólise, tal como foi referido anteriormente, dá-se a oxidação incompleta de uma molécula de glicose, formando-se duas moléculas de NADH e duas moléculas de ácido pirúvico (Nelson & Cox, 2008). Depois de transportado para a matriz mitocondrial (Figura 3), o ácido pirúvico sofre oxidação e descarboxilação no processo de formação de acetil-coenzima A. A ligação do grupo acetil a uma molécula com dois átomos de carbono (Figura 4), na matriz mitocondrial, dá início ao ciclo de Krebs (Alberts et al., 2022).

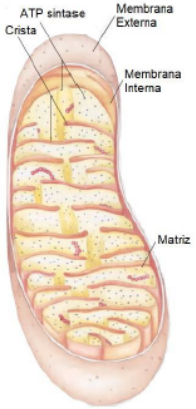


Figura 3- Mitocôndria. (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 708).

b. Legenda a mitocôndria da Figura 3: (imagem corrigida)

- Membrana Externa
- Membrana Interna
- Crista
- Matriz

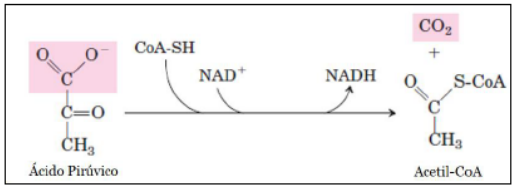


Figura 4- Formação da Acetil-CoA (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 616).

c. Que molécula se forma com a descarboxilação do piruvato? CO_2

Que molécula é reduzida pela oxidação do ácido pirúvico? NADH

3. CICLO DE KREBS

O ciclo de Krebs ou ciclo do ácido cítrico (Figura 5) é um conjunto de reações que permite completar a oxidação da glicose. Estas reações ocorrem na matriz da mitocôndria e são mediadas por um conjunto de enzimas, como as descarboxilases (mediadoras das descarboxilações) e as desidrogenases (mediadoras da reações de oxidação-redução que conduzem à formação de NADH) (Alberts et al., 2022).

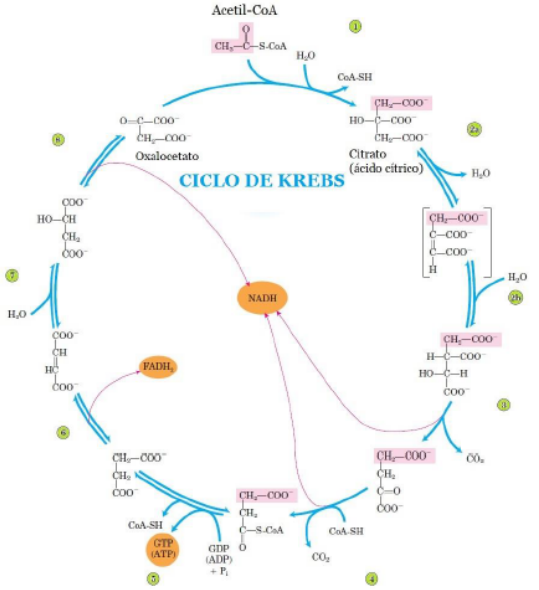


Figura 5- Ciclo de Krebs (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 621).

Cada molécula de glicose conduz à formação de 2 moléculas de ácido pirúvico, as quais originam 2 moléculas de acetil-coA, que iniciam dois ciclos de Krebs, devido à combinação do grupo acetil (2 C) da acetil-coenzima A com o ácido oxaloacético (4 C), formando-se ácido cítrico (6 C) (Alberts et al., 2022).

d. Assim, por **cada molécula de glicose** degradada, forma-se no ciclo de Krebs:

- 6 moléculas de NADH;
- 2 moléculas de $FADH_2$ (transportador de eletrões, tal como o NADH);
- 2 moléculas de ATP;
- 4 moléculas de CO_2.

4. FOSFORILAÇÃO OXIDATIVA

A quarta e última etapa da respiração aeróbia é a única que consome oxigénio, e ocorre na cadeia transportadora de eletrões (Figura 6) - onde as moléculas de NADH e de $FADH_2$ sofrem oxidação, transferindo eletrões para complexos de proteínas dispostas em cadeia na membrana interna das mitocôndrias (Alberts et al., 2022). Ao longo dessa cadeia respiratória, os eletrões vão libertando energia que permite o movimento dos iões H^+ da matriz para o espaço intermembranar da mitocôndria. O retorno desses iões à matriz fornece a energia necessária para a produção de ATP num processo de fosforilação oxidativa (Alberts et al., 2022).

Quando os eletrões atingem o último transportador da cadeia, são transferidos para o oxigénio, que funciona como o aceitador final dos eletrões, sendo por eles reduzido. O oxigénio combina-se com os hidrogénios presentes na matriz mitocondrial, formando moléculas de água (Alberts et al, 2022).

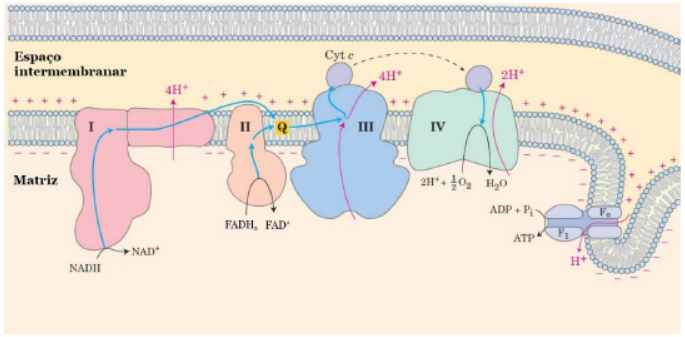


Figura 6- Cadeia transportadora de eletrões (Adaptado de Nelson & Cox, 2008, p. 723).

e. O aceitador final de eletrões da cadeia respiratória é o oxigénio, e a sua redução origina água.
f. Por cada molécula de NADH que transfere os seus eletrões para o complexo I da cadeia transportadora de eletrões, são bombeados 10 H^+ para o espaço intermembranar (Figura 6), o que permite gerar cerca de 2,5 ATP. Por outro lado, o $FADH_2$ transporta os seus eletrões apenas no complexo II, bombeando apenas 6H^+ para o espaço intermembranar, gerando 1,5 ATP (Nelson & Cox, 2008; Alberts et al., 2022).

- Quantas moléculas de NADH formaram-se até agora no processo de respiração aeróbia? 10 NADH
  E de $FADH_2$? 2 $FADH_2$
- Quantas moléculas de ATP se formaram na cadeia transportadora de eletrões a partir do…
  NADH:
  1 NADH -------- 2,5 ATP
  10 NADH ------- x
  x= 25 ATP

$FADH_2$:
1 FADH2 -------- 1,5 ATP
2 FADH2 -------- x
x= 3 ATP

Curiosidade: seres procarióticos

Apesar de não possuírem mitocôndrias, alguns seres procariontes são também capazes de realizar a respiração celular aeróbia. Nas bactérias, as reações da glicólise e do ciclo de Krebs ocorrem no citoplasma, enquanto as moléculas que formam a cadeia transportadora de eletrões estão localizadas na membrana citoplasmática (Nelson & Cox, 2008).

■ CONCLUSÃO:

4. Completa a seguinte equação geral da Respiração Aeróbia.

$$C_6H_{12}0_6 + 6\ 0_2 + 32\ ADP + 32\ Pi \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 32\ ATP$$

Nota: Os dois eletrões libertados durante a oxidação do PGAL na glicólise, podem ser transportados do citoplasma para a matriz mitocondrial pelo NADH, mas também pelo $FADH_2$. Neste último caso, o rendimento dos dois eletrões de 3 ATP (1,5ATP x 2), em vez de 5 ATP (2,5 ATP x 2). Qual é o rendimento energético da respiração aeróbia neste cenário? 30 ATP.

Referências Bibliográficas:

Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell (7th edition)*. WW Norton & Company.

Direção-Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia, 10.º ano.* Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf

Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2008). *Lehninger, Principles of Biochemistry (5th edition)*. New York: WH Freeman and Company.

Apêndice 11 – Ficha de trabalho (registo dos desenhos) e sugestão de correção

Aprendizagem Essencial

Relacionar a ultraestrutura de células procarióticas e eucarióticas (mitocôndria) com as etapas da fermentação e respiração.

Em seguida, responde com um desenho, às **duas** perguntas que se seguem.

1. Os processos de fermentação (láctea e alcoólica) permitem a produção de ATP através da oxidação incompleta da glicose ($C_6H_{12}O_6$) em condições anaeróbias/aeróbias (seleciona a opção correta).
   a) Quais são as duas etapas que constituem este processo e em que locais da célula ocorrem? Identifica o substrato inicial, o aceitador de eletrões, os produtos finais e o balanço energético por molécula de glicose.

   Legenda o teu desenho para o compreendermos melhor. Podes utilizar lápis de cor ou canetas de cor.

Fermentação lática:

$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ Pi \rightarrow 2$ ácido lácteo $+ 2\ ATP$

Fermentação alcoólica:

$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ Pi \rightarrow 2$ álcool etílico $+ 2\ CO_2 + 2\ ATP$

2. Na respiração aeróbia, o ácido pirúvico formado no final da glicólise é completamente oxidado, dando origem a uma quantidade considerável de energia na forma de ATP. Este processo ocorre em condições de anaerobiose/aerobiose (seleciona a opção correta), ou seja, na presença de oxigénio.
   a) Quais são as quatro etapas que constituem este processo e em que locais da célula ocorrem? Identifica o substrato inicial, o aceitador de eletrões, os produtos finais e o balanço energético por molécula de glicose.

   Legenda o teu desenho para o compreendermos melhor. Podes utilizar lápis de cor ou canetas de cor.

Respiração aeróbia:

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 30/32\ ADP + 30/32\ Pi \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H2O + 30/32\ ATP$

Apêndice 12 - *Snapshot*

Aprendizagens Essenciais

- Interpretar dados experimentais relativos a fermentação (alcoólica, lática) 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.
- Planificar e realizar atividades laboratoriais/ experimentais sobre metabolismo (fabrico de pão ou bebidas fermentadas por leveduras), problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.

Snapshot

1. Indica a atividade realizada nas últimas aulas que mais te ajudou na compreensão dos conteúdos lecionados. Justifica a tua resposta.

2. Refere-te ao trabalho de grupo realizado nas últimas aulas. Consideras que realizar atividades em colaboração com os teus colegas é uma mais-valia para a aquisição de competências e para o teu desempenho? Justifica a tua resposta.

3. Considera o que aprendeste nas últimas aulas. Descreve algumas das competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) que adquiriste.

4. De que forma a contextualização histórica sobre o desenvolvimento científico na área do conteúdo lecionado te ajudou a compreender o processo do método científico?

Apêndice 13 – Pedido de consentimento informado

Declaração de Consentimento Informado

Título da investigação: Ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática da obtenção de energia: investigação-ação no 10º ano

Nome do investigador principal: Inês Pinto

Orientador e coorientadora científicos: Gina P. Correia

Contactos do investigador principal: up201304184@edu.fc.up.pt

No âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES), inserido no Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, durante o ano letivo 2023/2024, irá ser conduzida uma intervenção educativa centrada num estudo que utiliza a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação, para lecionação dos processos de obtenção de energia nas aulas de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade. Pretende-se verificar se a metodologia aplicada, que se distancia do paradigma do ensino transmissivo tradicional, permite a compreensão da evolução do conhecimento científico e o desenvolvimento de competências investigativas e da literacia científica dos alunos. A investigação pretende contribuir para a aplicação da referida metodologia no ensino das Ciências e potenciar o ensino e aprendizagem da temática da obtenção de energia do currículo em vigor no 10.º ano de escolaridade na disciplina de Biologia e Geologia.

Eu, o encarregado de educação, declaro que:

A. Autorizo a participação do meu educando,_____, na investigação acima referida;
B. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as eventuais informações verbais que me foram transmitidas pelo investigador principal acima referido, sobre a investigação supracitada;
C. Tive a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte do investigador principal;
D. Percebi que a participação do meu educando na investigação mencionada incluirá o preenchimento de instrumentos de investigação que irão funcionar como recursos educativos (relatório em V de Gowin, snapshot, mapa de conceitos, ficha de trabalho, registo em desenho, grelhas de observação individual e de grupo), conduzidos pelo investigador principal;
E. Compreendi que a participação do meu educando é voluntária e que poderá desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da sua colaboração;
F. Percebi que é garantido o anonimato para o exterior e a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos e que os dados recolhidos pela grelha de observação e pelos *snapshots* não serão utilizados na avaliação dos alunos;
G. Entendi que os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa.

O encarregado de educação: O investigador principal:

_____ _____

(Inês Pinto)

Data:_____/_____/_____ Data:_____/_____/_____

Apêndice 14 – Pedido de assentimento informado

Declaração de Assentimento Informado

Título da investigação: Ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática da obtenção de energia: investigação-ação no 10º ano

Nome do investigador principal: Inês Pinto

Orientador e coorientadora científicos: Gina P. Correia

Contactos do investigador principal: up201304184@edu.fc.up.pt

No âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES), inserido no Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, durante o ano letivo 2023/2024, irá ser conduzida uma intervenção educativa centrada num estudo que utiliza a metodologia de Ensino Orientado para a Aprendizagem por Investigação, para lecionação dos processos de obtenção de energia nas aulas de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade. Pretende-se verificar se a metodologia aplicada, que se distancia do paradigma do ensino transmissivo tradicional, permite a compreensão da evolução do conhecimento científico e o desenvolvimento de competências investigativas e da literacia científica dos alunos. A investigação pretende contribuir para a aplicação da referida metodologia no ensino das Ciências e potenciar o ensino e aprendizagem da temática da obtenção de energia do currículo em vigor no 10.º ano de escolaridade na disciplina de Biologia e Geologia.

Eu, aluno(a) do 10.º ano de escolaridade do Ensino Secundário, declaro que:

A. Aceito a minha participação na investigação acima referida;
B. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as eventuais informações verbais que me foram transmitidas pelo investigador principal acima referido, sobre a investigação supracitada;
C. Tive a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte do investigador principal;
D. Percebi que a minha participação na investigação mencionada incluirá o preenchimento de instrumentos de investigação que irão funcionar como recursos educativos (relatório em V de Gowin, snapshot, mapa de conceitos, ficha de trabalho, registo em desenho, grelhas de observação individual e de grupo), conduzidos pelo investigador principal;
E. Compreendi que a minha participação é voluntária e que poderei desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da minha colaboração;
F. Percebi que é garantido o anonimato para o exterior e a confidencialidade no tratamento dos dados recolhidos e que os dados recolhidos pela grelha de observação e pelos *snapshots* não serão utilizados na avaliação dos alunos;
G. Entendi que os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa.

O aluno:	O investigador principal:
_____	_____
	(Inês Pinto)
Data:_____/_____/_____	Data:_____/_____/_____

Apêndice 15 – Grelha de avaliação do V de Gowin

	Tópico	Conceitos	Acontecimentos/objetos	Registos	Transformações	Juízo Cognitivo	Juízo de Valor	
	Cotação	10	20	15	15	20	20	100
Grupo	1 (V1)	10	10	10	15	15	20	80
	2 (V2)	10	10	15	15	20	20	90
	3 (V3)	10	20	15	15	20	20	100
	4 (V1)	10	10	10	15	20	20	85
	5 (V2)	10	20	15	15	20	20	100
	6 (V3)	10	15	15	15	15	20	90

Conceitos	Acontecimentos/objetos	Registos	Transformações	Juízo Cognitivo	Juízo de Valor
10	20	15	15	20	20
100%	70,08%	88,89%	100%	91,67%	100%

Anexos

Anexo 1 – Parecer da Comissão de ética

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Comissão de Ética

Parecer

Ref.: Proc. CE2023/p114

Relativamente ao pedido de parecer requerido por Inês Nogueira Hora Vieira Pinto no âmbito do projeto intitulado "Ensino orientado para a aprendizagem por investigação na temática da obtenção de energia: investigação-ação no 10º ano", a Comissão de Ética nada tem a opor à realização desse projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos bem como o assentimento informado dos alunos participantes no referido projeto.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 1 de fevereiro de 2024

O Presidente da Comissão de Ética

Assinado por: **João José de Faria Graça Afonso Lima**
Num. de Identificação: 07103810
Data: 2024.02.01 16:37:05+00'00'