

**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

Glenda Alessandra Jorge

**A Aprendizagem Baseada em Investigação  
na disciplina de Biologia e Geologia: um  
estudo realizado com alunos do 10.º ano de  
escolaridade, na subunidade "Obtenção de  
matéria pelos seres heterotróficos"**





**Universidade do Minho**  
Instituto de Educação

Glenda Alessandra Jorge Pinheiro

**A Aprendizagem Baseada em Investigação na  
disciplina de Biologia e Geologia: um estudo  
realizado com alunos do 10.º ano de  
escolaridade, na subunidade "Obtenção de  
matéria pelos seres heterotróficos"**

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

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professor Doutor José Alberto Gomes Precioso**

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



**Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgal**

**CC BY-NC-SA**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor José Precioso por confiar nas minhas capacidades para desenvolver um projeto tão audacioso neste momento de formação inicial. Agradeço pela oportunidade de crescimento profissional, pela orientação, pelas críticas construtivas na redação deste relatório e pela valorização das minhas ideias ao longo deste ano.

À Professora Margarida Faria pela dedicação, por ser uma inspiração desde o primeiro dia. Agradeço por ser uma orientadora generosa, por me ensinar o que é estar numa escola, por ouvir as minhas dúvidas atentamente e apoiar-me nas atividades que desenvolvi ao longo deste ano.

Ao Professor José Luís Coelho da Silva pelo seu valioso contributo para o meu percurso académico, por acreditar nas minhas capacidades para progredir e incentivar-me a melhorar sempre. Agradeço a compreensão e por ser um exemplo de profissional sério, digno e fascinado pela arte de ensinar.

Ao meu Pai por ser o meu exemplo de força e persistência, e por não medir esforços para que eu alcance os meus objetivos. Agradeço pelo amor incondicional, pelo orgulho desmedido que me incita a fazer sempre mais. Obrigado pelo abraço forte nos momentos certos.

À minha Mãe pela dedicação e preocupação constantes e por estar sempre ao meu lado. Agradeço pela companhia nas minhas noites de trabalho e por incentivar os meus sonhos. Obrigada por dares o teu melhor todos os dias, por mim.

Ao meu Irmão pela cumplicidade em todos os momentos, pelo sentido de humor afiado que dá leveza à minha vida, pela presença constante. Agradeço por não existirem barreiras nem distâncias entre nós e porque sem ele eu não conseguiria chegar tão longe e com tanto sucesso.

Ao Pedro pelo carinho constante, por ser um parceiro leal e compreensivo, por esperar pacientemente nas minhas jornadas de trabalho. Agradeço pela sinceridade, pelo apoio e por saber ouvir-me nos momentos difíceis.

À Sofia por ser mais do que a colega de estágio, por ser a parceira ideal. Com ela vivi, aprendi, e partilhei os momentos marcantes deste mestrado. Obrigada pela amizade! À Tânia pela cumplicidade dentro e fora do curso, por não me deixar desanimar e pelas noites animadas de trabalho duro. À Cátia por ser um exemplo de dedicação e trabalho, pela sinceridade e partilha de materiais e emoções.

Por fim, agradeço aos alunos da turma que me acolheu para a realização da minha intervenção pedagógica, por serem solidários e verdadeiros comigo, pela disposição constante em participarem. Esta é a minha primeira turma que recordarei com carinho.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

**A Aprendizagem Baseada em Investigação na disciplina de Biologia e Geologia: um estudo realizado com alunos do 10.º ano de escolaridade, no tema “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos”**

**RESUMO**

A intervenção pedagógica descrita neste relatório de estágio foca-se na implementação da aprendizagem baseada em investigação (ABI), no tema “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” da disciplina de Biologia e Geologia (BG) no 10.º ano de escolaridade. Segundo este modelo de ensino, a construção do conhecimento acontece ao longo de etapas que incluem, entre outras tarefas, a formulação de hipóteses, análise de dados e discussão de resultados pelos alunos, com o objetivo de resolver problemas específicos da unidade, aproximando-se do trabalho de um investigador.

Os objetivos que orientaram a avaliação da intervenção pedagógica são: a) analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação no ensino do tema “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade; b) analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos; c) capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de Biologia e Geologia; e d) determinar fatores facilitadores e constrangimentos da aprendizagem baseada em investigação.

A intervenção pedagógica ocorreu numa turma de 10.º ano, com 19 alunos, a partir da exploração de uma atividade de aprendizagem estruturada por tópicos. Para avaliar o impacto da estratégia nos alunos foram aplicados questionários de pré-teste e pós-teste, antes e após a intervenção, respetivamente. O questionário pretendia medir as variáveis: papel da ABI na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos, e o papel da ABI em capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de BG. Para conhecer a relevância atribuída à intervenção pelos alunos foi aplicado um questionário de opinião sobre os fatores facilitadores e constrangimentos da ABI.

Os resultados obtidos sugerem que a intervenção pedagógica contribuiu para: a) (re)construir o conhecimento substantivo dos conteúdos da unidade didática; b) desenvolver competências transversais relacionadas com interpretação de gráficos e tabelas e a formulação de hipóteses e conclusões, e c) desenvolver o raciocínio. Os resultados do estudo sobre as perceções dos alunos permitem afirmar que a ABI promove a compreensão do processo de construção do conhecimento científico, a compreensão dos conhecimentos abordados, a compreensão do papel da ciência no quotidiano dos cidadãos, e promove a motivação e/ou atenção dos alunos e capacidade de raciocínio.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Baseada em Investigação, Biologia, Educação em Ciências.

**Inquiry-Based Learning in Biology and Geology subject: a study with 10th grade students,  
in the issue "Obtaining matter by heterotrophic beings"**

**ABSTRACT**

The pedagogical intervention described in this study focuses on the implementation of inquiry-based learning (IBL) in the learning of the issue "Obtaining matter by heterotrophic beings" of the Biology and Geology (BG) subject, in the 10th grade. According to this teaching model, knowledge construction happens along stages that include, among other tasks, hypothesis formulation, data analysis and discussion of results by students, with the aim of solving specific problems of the unit, approaching the work of a researcher.

The objectives that guided the evaluation of the pedagogical intervention are: a) to analyse the role of inquiry-based learning in the teaching of the issue "Obtaining matter by heterotrophic beings" in Biology and Geology subject in the 10th grade; b) to analyse the role of inquiry-based learning in students' problem-solving skills; c) to enable students to solve typical Biology and Geology exam problems, and d) to determine facilitating and constraining factors of inquiry-based learning.

The pedagogical intervention occurred in a 10th grade class, with 19 students, based on the exploration of a learning activity structured by topics. To evaluate the impact of the strategy on students, pre-test and post-test questionnaires were applied before and after the intervention, respectively. The questionnaire aimed to measure the variables: role of IBL in students' problem-solving ability, and the role of IBL in enabling students to solve typical BG exam problems. To find out the relevance attributed to the intervention by the students, an opinion questionnaire was applied on the facilitating factors and constraints of IBL.

The results obtained suggest that the pedagogical intervention contributed to: a) (re)constructing the substantive knowledge of the contents of the didactic unit; b) developing transversal skills related to the interpretation of graphs and tables and the formulation of hypotheses and conclusions; and c) developing reasoning ability. The results of the study on students' perceptions allow us to state that IBL promotes the understanding of the construction process of scientific knowledge, the understanding of the knowledge covered, the understanding of the role of science in citizens' daily lives and promotes students' motivation and/or attention, and reasoning ability.

**Keywords:** Inquiry-Based Learning, Biology, Science Education.

## ÍNDICE GERAL

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE .....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE GERAL .....	vii
ÍNDICE DE QUADROS .....	ix
I - APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E ENQUADRAMENTO NO CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES .....	1
Introdução .....	1
1.1. Apresentação sumária do estudo .....	1
1.2. Enquadramento do estudo no Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário .....	4
1.3. Objetivos do estudo .....	6
1.4. Importância do estudo .....	6
1.5. Limitações do estudo .....	6
1.6. Estrutura do relatório .....	7
II - ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	9
Introdução .....	9
2.1. Educação em Ciências: finalidades .....	9
2.2. Aprendizagem Baseada em Investigação .....	11
2.2.1. Princípios educativos subjacentes à Aprendizagem Baseada em Investigação	11
2.2.2. Aprendizagem Baseada em Investigação: contributos para a sua definição ...	12
2.2.3. Breve historial: emergência de uma abordagem educacional .....	14
2.2.4. Modos de operacionalização da Aprendizagem Baseada em Investigação .....	17
III - METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA .....	19
Introdução .....	19
3.1. Caracterização da turma .....	19
3.2. Descrição geral da intervenção pedagógica .....	20
3.3. Caracterização da atividade de aprendizagem “Obtenção de matéria por seres heterotróficos” .....	23
3.4. Seleção das técnicas de recolha de dados .....	27
3.4.1. Construção dos instrumentos de recolha de dados.....	28

3.4.1.1	Questionário de pré-teste e pós-teste .....	28
3.4.1.2	Questionário de opinião .....	33
3.5.	Procedimentos mobilizados na avaliação da intervenção pedagógica .....	33
IV -	AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA .....	35
	Introdução .....	35
4.1.	Impacte da intervenção pedagógica na (re)construção das conceções dos alunos sobre a subunidade “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” .....	35
4.2.	Impacte da intervenção pedagógica na capacidade de resolução de problemas .....	44
4.3.	Impacte da intervenção pedagógica na Educação em Ciências.....	47
4.4.	Valor educativo apontado pelos alunos à intervenção pedagógica .....	49
4.4.1.	Contributo da estratégia de ensino .....	49
4.4.2.	Relevância da estratégia de ensino.....	51
4.4.3.	Constrangimentos da metodologia de ensino .....	54
V -	CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	55
	Introdução .....	55
5.1.	Conclusões do estudo .....	55
5.2.	Sugestões para futuras investigações .....	58
5.3.	Do <i>Eu</i> pessoal ao <i>Eu</i> profissional: um processo de transformação .....	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
	ANEXOS .....	70
	Anexo 1: Questionário de pré-teste e pós-teste.....	71
	Anexo 2: Atividade de aprendizagem “Obtenção da matéria pelos seres heterotróficos”.	75
	Anexo 3: Questionário de opinião .....	88

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1:	Estrutura do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário .....	4
Quadro 2:	Características da turma. (n=19) .....	19
Quadro 3:	Estrutura global da estratégia de intervenção pedagógica .....	20
Quadro 4:	Distribuição dos objetivos das questões que constituem o questionário de pré-teste e pós-teste .....	29
Quadro 5:	Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom .....	30
Quadro 6:	Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom .....	31
Quadro 7:	Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões da Educação em Ciências .....	32
Quadro 8:	Frequências e percentagens das conceções dos alunos relativamente ao tópico ' <i>membrana plasmática</i> ' nos momentos antes e pós-ensino .....	36
Quadro 9:	Frequências e percentagens das conceções dos alunos relativamente ao tópico ' <i>movimentos transmembranares</i> ' nos momentos antes e pós-ensino .....	37
Quadro 10:	Frequências e percentagens das conceções dos alunos relativamente ao tópico ' <i>sistema endomembranar e digestão intracelular</i> ' nos momentos antes e pós-ensino .....	39
Quadro 11:	Média das cotações obtidas nas diferentes questões relativas às dimensões do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom.....	45
Quadro 12:	Média das cotações obtidas nas diferentes questões relativas às dimensões do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom.....	46
Quadro 13:	Média das cotações obtidas nas diferentes questões relativas às dimensões da Educação em Ciências.....	48
Quadro 14:	Contributo da metodologia de ensino adotada na aprendizagem dos alunos (n=19) .....	50
Quadro 15:	Contributo da metodologia de ensino adotada no desenvolvimento de competências nos alunos (n=19) .....	51
Quadro 16:	Razões apontadas pelos alunos para a valorização ' <i>relevante</i> ', ' <i>relevante e limitada</i> ' e ' <i>limitada</i> ' atribuída à intervenção pedagógica (n=19) .....	52

# **I – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E ENQUADRAMENTO NO CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**

## **Introdução**

Neste capítulo de abertura o objetivo primordial é a apresentação da estratégia pedagógica e do cenário educativo em que se insere. Na primeira secção procede-se à apresentação sumária do estudo que suportou a redação do presente relatório, com o propósito de fornecer uma melhor compreensão das secções seguintes e ao esclarecimento das razões para a escolha do tema. A segunda secção consiste no enquadramento do estudo no contexto da formação inicial de professores do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário na Universidade do Minho. Na terceira secção apresentam-se os objetivos de avaliação da estratégia de intervenção. A quarta secção explicita a relevância do estudo na formação dos elementos envolvidos no mesmo. A quinta secção apresenta as limitações da intervenção pedagógica. Por fim, apresenta-se a estrutura geral do presente relatório de estágio.

### **1.1. Apresentação sumária do estudo**

O presente estudo consiste na construção, implementação e avaliação de uma estratégia de intervenção pedagógica que se caracteriza globalmente como uma proposta de abordagem à aprendizagem baseada em investigação (ABI), que se concretiza a partir de uma atividade de aprendizagem estruturada por tópicos, segundo os quais os alunos são guiados pelos problemas e conteúdos específicos da subunidade. Através de um processo investigativo os alunos descobrem conceitos, fazem observações, formulam hipóteses e discutem conclusões. Desta forma, compreendem como o pensamento científico é desenvolvido e de que forma trabalham os cientistas, desenvolvendo a comunicação e argumentação (Moutinho, Torres, & Vasconcelos, 2014).

A intervenção foi desenvolvida com uma turma de 19 alunos, no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade, do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, durante o ano letivo de 2020/2021, numa Escola Secundária do distrito de Braga. A estratégia se baseou na exploração da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*, com uma duração de 14 aulas (de 45 minutos cada).

Após observações realizadas nas turmas de 10.º ano da orientadora cooperante e um período de avaliação qualitativa e quantitativa do 1.º teste sumativo, identificamos a notória dificuldade dos alunos em compreender problemas propostos e formular respostas bem fundamentadas. Esta lacuna identificada a nível local é generalizada quando olhamos para o panorama nacional. Lopes & Precioso (2016) afirmam que os resultados obtidos nos Exames Nacionais da disciplina de Biologia e Geologia revelam que o insucesso escolar tem vindo a aumentar ao longo dos anos. É importante termos como referencial os dados recolhidos a partir dos Exames Nacionais, uma vez que são utilizados como provas de certificação e ingresso no Ensino Superior português. Segundo os mesmos autores, entre as principais causas apontadas pelos professores da disciplina para o insucesso na aprendizagem desta estão as dificuldades dos alunos a nível da comunicação oral e escrita e a análise e interpretação de textos.

Tendo em conta o exposto, e com base na análise do Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017), foi necessária uma reflexão sobre competências a serem desenvolvidas para colmatar as referidas causas de insucesso. Concluímos que as competências da área do pensamento crítico seriam fulcrais para a melhoria da aprendizagem dos alunos, na medida em que implicam que estes sejam capazes de, por exemplo: (a) pensar de forma lógica, observando, analisando informação, experiências ou ideias, argumentando com recurso a critérios implícitos ou explícitos, com vista a tomada de posição fundamentada, e (b) buscar diferentes conhecimentos, científicos e humanísticos, utilizando diferentes metodologias e ferramentas para pensarem criticamente (Martins et al., 2017). É clara a importância de desenvolver nos alunos o pensamento crítico, a capacidade de reflexão e argumentação, sendo estes aspetos essenciais para o sucesso escolar dos alunos, não só a nível da avaliação interna como para a avaliação externa, pelo Exame Nacional, a realizar no final do 11.º ano de escolaridade.

A Escola está a viver uma realidade atípica, devido à pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, pois as populações de diversos países foram afetadas por um quadro de risco para a saúde pública. Entre as medidas imediatas tomadas pelo governo português esteve a suspensão das atividades letivas presenciais no ano letivo de 2019/2020, tanto em escolas como em universidades. Vivenciamos um cenário de transformação às metodologias e estratégias de ensino, pela impossibilidade de se realizarem atividades em salas de aula da forma como sempre aconteceram, pela mudança na interação entre professor-aluno e aluno-aluno, com grandes impactes no processo de ensino e aprendizagem e nas rotinas sociais dos envolvidos.

Tendo em conta este contexto social, durante a preparação do ano letivo 2020/2021, consideramos a hipótese de a qualquer momento, mediante a evolução da pandemia nas escolas, o

ensino passar a realizar-se em regime *online* ou em regime misto. Deste modo, as decisões que tomamos relativamente às estratégias e aos recursos necessários foram influenciadas considerando a sua viabilidade nos diferentes cenários. Entre as decisões mais relevantes estiveram: (a) realização da atividade laboratorial sobre o processo de osmose, pela professora estagiária, em momento anterior às aulas, de modo a produzir os dados a serem analisados pelos alunos no decorrer das aulas, e (b) ligação permanente dos microfones e câmaras por todos os elementos da turma, de modo a estimular a atenção e participação imediata, e para prevenir distrações ou conversas em salas virtuais paralelas.

A estratégia pedagógica está estruturada em quadro fases primordiais. A primeira fase corresponde à aplicação do questionário de pré-teste. Pretende-se, nesta fase, diagnosticar os saberes prévios dos alunos relativos aos conteúdos da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*, e medir variáveis referentes às dimensões do Conhecimento e do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom, assim como às dimensões da Educação em Ciências.

A segunda fase consiste na exploração da atividade de aprendizagem *“Obtenção de matéria por seres heterotróficos”*. Esta fase tem como objetivo promover a aprendizagem dos conteúdos da subunidade e desenvolver competências transversais, através de uma investigação estruturada.

A terceira fase corresponde à aplicação do questionário de pós-teste. O propósito desta fase é avaliar o impacto da intervenção pedagógica, nomeadamente através da aquisição de saberes dos alunos sobre os conteúdos da subunidade explorada. Pretende-se acompanhar o desenvolvimento das aprendizagens realizadas para avaliar a eficácia, adequação e exequibilidade da abordagem proposta nesta intervenção pedagógica.

A última fase diz respeito à aplicação do questionário de opinião. Este último momento tem o intuito de conhecer as opiniões dos alunos relativas ao impacto da estratégia de ensino implementada, de modo a identificar a relevância, os fatores facilitadores e constrangimentos associados à mesma.

A avaliação da estratégia pedagógica incidiu na identificação do impacto da aprendizagem baseada em investigação no desenvolvimento das aprendizagens realizadas pelos alunos no âmbito da subunidade estudada, no desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas e na identificação das opiniões dos alunos sobre o contributo da intervenção para o desenvolvimento de aprendizagens e competências, das representações dos alunos sobre a relevância e os constrangimentos da metodologia de ensino. Os instrumentos de avaliação da intervenção pedagógica utilizados foram as respostas dos alunos ao questionário de pré-teste e pós-teste e, ainda, as respostas ao questionário de opinião realizado após a conclusão da intervenção pedagógica, com o intuito de realizar uma avaliação final global da estratégia.

## 1.2. Enquadramento do estudo no Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

A intervenção pedagógica descrita neste relatório, que toma a aprendizagem baseada em investigação como enfoque primordial, foi implementada na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade. Esta decorreu no âmbito da Unidade Curricular (UC) *Estágio Profissional* do curso de Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário da Universidade do Minho. Esta UC consiste na última etapa do referido ciclo de estudos. O Quadro 1 apresenta o enquadramento do *Estágio Profissional* neste curso de formação inicial de professores.

**Quadro 1:** Estrutura do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.

ANO	SEMESTRE 1				SEMESTRE 2
1.º	Metodologia do Ensino de Biologia e Geologia I				Metodologia do Ensino de Biologia e Geologia II
	Currículo e Avaliação				A Escola como Organização Educativa
	Psicologia do Desenvolvimento				Tecnologia Educativa
	Biologia Celular e Funcional				Temas Avançados em Biologia
	Métodos de Investigação em Geociências				Métodos de Cartografia Geológica
2.º	Avaliação e Conceção de Materiais Didáticos de Biologia e Geologia				<b>Estágio Profissional</b> Intervenção Pedagógica <sup>2</sup> Seminário de Biologia ou Geologia <sup>3</sup>
	Inclusão e Necessidades Educativas Especiais do Domínio Cognitivo e Motor <sup>1</sup>				
	Correntes Fundamentais da Pedagogia <sup>1</sup>	Gestão da Sala de Aula <sup>1</sup>	Educativas Especiais do Domínio Cognitivo e Motor <sup>1</sup>	Processos Cognitivos e Aprendizagem <sup>1</sup>	
	<b>Estágio Profissional</b>				
	Observação de Aulas e Desenho de Projeto				
Seminários de Biologia ou Geologia <sup>3</sup>					

**Legenda:** 1) Unidades Curriculares opcionais, sendo da responsabilidade dos alunos a escolha de apenas uma; 2) Prática pedagógica desenvolvida numa escola dos ensinos Básico e/ou Secundário; 3) Módulos lecionados na universidade. No ano letivo de 2020/2021, o módulo Seminário de Geologia funcionou no 1.º semestre e o módulo Seminário de Biologia decorreu no 2.º semestre.

O *Estágio Profissional* é constituído por quatro módulos referentes a áreas científicas do saber distintas, dois dos quais são lecionados no primeiro semestre, decorrendo em simultâneo com outras Unidades Curriculares, e os restantes dois decorrem no segundo semestre. A atuação da professora estagiária numa escola do Ensino Secundário iniciou com observações de práticas letivas de educação em Biologia e Geologia, e decorreu ao longo do ano letivo 2020/2021, nas turmas à responsabilidade da orientadora cooperante.

O módulo de *Intervenção Pedagógica* decorreu na escola cooperante, segundo a orientação do supervisor de estágio e da orientadora cooperante da respetiva escola. Os restantes módulos foram lecionados na Universidade, sendo o módulo de *Observação de aulas e desenho de Projeto* um suporte às técnicas de observação de aulas e à escrita do Projeto de Intervenção Pedagógica, a ser validado pelo supervisor de estágio e aprovado pelo Conselho Científico do Instituto de Educação da Universidade do Minho. Os módulos de *Seminários de Biologia ou Geologia* referem-se à componente científica (Vieira, 2019), sendo que no ano letivo de 2020/2021, o módulo Seminário de Geologia funcionou no 1.º semestre e o módulo de Seminário de Biologia decorreu no 2.º semestre.

O Estágio Profissional privilegia a formação de professores reflexivos (Zeichner, 1993; Alarcão, 2013; Vieira 2014) que fortaleçam uma ação crítica baseada em valores democráticos. A democratização da educação conjetura não só a formação de professores reflexivos, mas também a formação de alunos autónomos (Vieira, 2010). A construção de uma pedagogia para a autonomia inclui desenvolver, não só, alunos produtores críticos e criativos do saber, mas também gera o professor como intelectual crítico e agente de mudança. Desde modo, Alarcão (1996) afirma que a melhoria da qualidade das aprendizagens relaciona-se, simultaneamente, com a autonomia do aluno e com a formação de professores reflexivos, de modo a restituir:

“aos professores a identidade perdida, aos alunos a responsabilidade perdida e de devolver à escola a sua condição de lugar onde se interage para aprender e onde se gosta de estar porque se aprende como o inerente entusiasmo e prazer de quem parte à descoberta do desconhecido.” (Alarcão, 1996, p. 177)

A formação de professores reflexivos deve contribuir para a sua emancipação profissional, pela promoção de competências como conhecimentos disciplinares, didáticos e criativos, e também fortalecer competências de ação educativa, autorregulação, comunicação e negociação (Vieira, 2010). É neste sentido Vieira (2010) afirma a importância de a formação de professores contemplar a:

“democratização das relações interpessoais e dos processos de construção do conhecimento profissional, favorecendo-se a autonomização dos professores e rejeitando-se uma visão instrucional e aplicacionista da formação.” (Vieira, 2010, p. 20)

Um professor reflexivo será um participante ativo do processo educativo. A intervenção pedagógica aqui descrita permitiu a construção de uma proposta para novas práticas, e este processo de construção exige sempre a reflexão do professor sobre a sua vida escolar, as suas posições e valores. A formação inicial de professores é apenas uma componente responsável pelo desenvolvimento do professor. Este, por sua vez, deve trabalhar continuamente para aperfeiçoar a sua ação, sendo fundamental a reflexão.

### **1.3. Objetivos do estudo**

Os objetivos de investigação que orientaram o processo de avaliação da estratégia de intervenção pedagógica são os seguintes:

- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação no ensino da subunidade “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade;
- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos;
- Capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de Biologia e Geologia;
- Determinar fatores facilitadores e constrangimentos da aprendizagem baseada em investigação.

### **1.4. Importância do estudo**

A existência de estratégias que procurem transformar o ensino tradicional representa uma mais-valia para professores e alunos. Na literatura internacional encontramos evidências concretas acerca da eficácia de estratégias de ensino baseadas em investigação, em diferentes perspetivas.

O estudo de Santana, Capecchi & Franzolin (2018) sintetiza as principais evidências da eficácia desta abordagem, entre elas referimos: a aprendizagem de conteúdos científicos (Azevedo, 2013; Lima, David & Magalhães, 2008; Minner, Levy & Century, 2010), o raciocínio (Colombo Junior et al., 2012), as atitudes relacionadas à Ciência (Hofstein & Lunetta, 2004) e a aprendizagem de professores e alunos (Lamonato & Passos, 2012).

Outras potencialidades da implementação de atividades de carácter investigativo são mencionadas na literatura, entre elas citamos: a motivação do aluno a aprender (Benetti & Ramos, 2013; Gabini & Diniz, 2012; Zômpero, Figueiredo & Mello, 2013), a realização de trabalho colaborativo (Azevedo, 2008), a análise de dados, a formulação de hipóteses e a resolução de problemas (Azevedo, 2008; Gabini & Diniz, 2012).

### **1.5. Limitações do estudo**

As principais limitações inerentes à intervenção pedagógica aqui descrita prendem-se com a interação da professora estagiária e dos alunos com a ABI e com o contexto social em que o *Estágio Profissional* aconteceu.

A escolha da estratégia fez-nos prever alguns condicionamentos na sua execução, por representar uma alternativa arrojada ao ensino tradicional, fortemente empregue nas escolas portuguesas. Apesar de termos manuais como o BSCS (2006) e o de Lima & Freitas (1987) para a estruturação da atividade de aprendizagem, os recursos didáticos disponibilizados atualmente pelas editoras de manuais escolares portuguesas pouco se aproximam do pretendido nesta intervenção. Além disso, os alunos não estavam confortáveis com uma abordagem que foge ao que lhes é proposto em outras disciplinas e, por isso, demoraram algumas aulas para se familiarizar com a dinâmica proposta.

O *Estágio Profissional* decorreu num contexto de pandemia de Covid-19, em que as diretrizes para o funcionamento das escolas impactaram na consecução das atividades previstas. A intervenção pedagógica aconteceu totalmente em regime *online*, influenciando a atitude dos alunos nas aulas, por vezes estando mentalmente cansados pelo tempo que passam em frente ao computador, estando naturalmente distraídos. Isto levou a que as aulas tivessem uma redução de horário, conduzindo ao aumento do número de aulas para assegurar as condições mentais e emocionais dos alunos e da professora estagiária. Além disto, a atividade laboratorial prevista não foi executada pelos alunos, ficando estes sem trabalhar as competências associadas aquele tipo de atividades. Em resultado, analisaram e discutiram os dados obtidos pela professora estagiária.

## **1.6. Estrutura do relatório**

O presente documento está organizado em cinco capítulos. Todos os capítulos são iniciados por uma introdução, que tem como finalidade apresentar sumariamente os assuntos abordados, para orientar a sua leitura.

O Capítulo I – *Apresentação do estudo e enquadramento no contexto da formação inicial de professores* – é composto pela apresentação sumária do estudo, o enquadramento do mesmo no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário da Universidade do Minho, a explicitação dos objetivos de investigação, a importância do estudo e as suas principais limitações, assim como a indicação da estrutura do presente relatório.

O Capítulo II – *Enquadramento teórico* - foca-se na explicitação das finalidades da Educação em Ciências estritamente relacionadas com o ensino da disciplina de Biologia e Geologia, e na apresentação dos referenciais teóricos para a definição da aprendizagem baseada em investigação, onde é feita a conceptualização, apresenta-se a contextualização histórica e os diferentes modos de operacionalização.

O Capítulo III – *Metodologia de intervenção pedagógica* – apresenta os procedimentos utilizados na caracterização da intervenção pedagógica, nomeadamente a caracterização da turma, a descrição geral da intervenção pedagógica e a caracterização da atividade de aprendizagem “Obtenção de matéria por seres heterotróficos”. Este capítulo descreve também as técnicas de recolha de dados, nomeadamente a construção do questionário de pré-teste e pós-teste e do questionário de opinião, assim como a descrição das técnicas de tratamento de dados.

O Capítulo IV – *Avaliação da Intervenção Pedagógica* – incide na apresentação e análise dos dados recolhidos durante a intervenção pedagógica, de acordo com os objetivos estipulados que permitem identificar o impacto educativo da intervenção pedagógica, no que refere aos saberes dos alunos, ao Processo Cognitivo e Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom e à Educação em Ciências, e a análise das representações dos alunos sobre o valor educativo da metodologia implementada.

O Capítulo V – *Conclusões e sugestões* – apresenta sucintamente as principais conclusões do presente estudo, à luz dos objetivos de investigação previamente estabelecidos. Seguem-se as propostas para futuras investigações e terminamos o capítulo com uma reflexão sobre a transformação do *Eu* pessoal num *Eu* profissional.

O relatório é concluído com a listagem das referências bibliográficas e dos anexos considerados mais pertinentes para a compreensão do estudo desenvolvido.

## **II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

### **Introdução**

O capítulo de enquadramento teórico explicita as bases que fundamentaram o desenvolvimento da intervenção pedagógica. Encontra-se estruturado em duas secções primordiais, sendo que a primeira secção incide na relação entre os fundamentos da Educação em Ciências e a disciplina de Biologia e Geologia. A segunda secção dedica-se à apresentação da aprendizagem baseada em investigação, referindo os princípios educativos subjacentes à sua emergência, a sua definição, alguns dados históricos que marcaram o seu surgimento e alguns modos de operacionalizar esta abordagem.

### **2.1. Educação em Ciências: finalidades**

Nos dias atuais, a sociedade do conhecimento determina à Educação em Ciências a implementação de metodologias de ensino e aprendizagem que desenvolvam nos alunos competências científicas e transversais, concretamente de resolução de problemas, necessários à literacia científica (Vasconcelos, 2012; Vasconcelos & Almeida, 2012). Do mesmo modo, as orientações curriculares portuguesas para as Ciências procuram seguir recomendações existentes a nível europeu, dando ênfase a metodologias orientadas para a investigação. Assim, é de extrema importância que nas salas de aula se criem condições para o desenvolvimento intelectual dos alunos e do conhecimento significativo por meio da interação social (Freire et al., 2013).

As reformas educativas salientam que a aprendizagem baseada em investigação é basilar na Educação em Ciências, uma vez que promove a aprendizagem do conhecimento científico e a perceção da natureza da ciência (Sadeh & Zion, 2009). Esta estratégia de ensino permite também a construção de competências relevantes de investigação (Abd-El- Khalick et al., 2004; Kim et al., 2013), tal como abordaremos na secção seguinte.

A Educação em Ciência vai além da formação de alunos numa área específica do saber, centrada na aquisição de conhecimento conceptual. Ocupa-se da formação de cidadãos cientificamente cultos, e da promoção do desenvolvimento pessoal dos mesmos, como participantes esclarecidos e responsáveis nas sociedades atuais (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002). A referência que fazemos a “cientificamente cultos” é concordante com o defendido por Hodson (1998) quando nos apresenta um conceito multidimensional que envolve três dimensões da Educação em Ciências (Cachapuz, Praia & Jorge,

2002). Para este autor, a Educação em Ciências deve permitir aos alunos: *Aprender ciência* - obter e fortalecer conhecimento científico teórico e conceptual, pondo à prova as ideias que já possuem, reformulando-as, se necessário, e acrescentando as ideias cientificamente aceites; *Aprender a fazer ciência* - adquirir e trabalhar competências científicas para a resolução de problemas; e *Aprender acerca da ciência* - desenvolver a compreensão da natureza da ciência e dos seus métodos, compreender a construção do conhecimento científico, do trabalho dos cientistas, e compreender a relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Hodson, 2003, 2006, 2014). Esta visão multidimensional da Educação em Ciências é suportada nas ideias de Hodson ao considerar que:

Não é possível separar esses três elementos: Aprendizagem em ciências (aquisição de conhecimento conceitual e teórico), aprendizagem sobre ciências (desenvolvimento e compreensão dos métodos e natureza da ciência e consciência da complexa interação entre ciência e sociedade) e fazer ciência (desenvolvimento de habilidades em investigação científica e resolução de problemas). (tradução nossa) (Hodson, 1992 apud Gil Pérez, 1996, p. 893)

As finalidades da Educação em Ciência têm sido largamente debatidas. Harlen (2010) e Millar (2002) também deram importantes contributos, reconhecendo que a Educação em Ciências é essencial para a formação de cada sujeito para a sociedade.

A disciplina de Biologia e Geologia assume uma importância crucial para desenvolvimento de cidadãos ativos e responsáveis, face à necessidade de entender problemas e “tomar decisões fundamentadas sobre questões que afetam as sociedades e os subsistemas do planeta Terra” (Ministério da Educação, 2018, p. 2). Pretende-se ir além do aprender conceitos, teorias, leis e princípios das áreas científicas, englobam a compreensão do modo de atuação dos cientistas e os fatores que influenciam na construção do conhecimento científico. Segundo as Aprendizagens Essenciais da disciplina (Ministério da Educação, 2018), espera-se que os alunos conheçam metodologias de investigação utilizados pelos cientistas, desenvolvendo competências necessárias para uma intervenção democrática e fundamentada nas questões técnicas e científicas que surgem na sociedade.

Deste modo, será pelo desenvolvimento destas dimensões que os professores poderão contribuir para a formação de alunos “autónomos, críticos, participativos e ativos, intervindo de forma informada e responsável na sociedade” (Lopes, 2020, p. 8). É importante que, no âmbito da Educação em Ciências, seja dada relevância a competências e estratégias de ensino ligadas aos processos de resolução de problemas, que preparem os alunos para problemas que enfrentarão no seu quotidiano.

## **2.2. Aprendizagem Baseada em Investigação**

Nesta seção apresentam-se os aspetos mais relevantes sobre a ABI. Inicia-se pela explicitação dos princípios educativos subjacentes à ABI, seguindo-se os principais contributos para a sua definição, expondo-se brevemente a história da sua emergência. Conclui-se esta secção com os modos de operacionalização da ABI.

### **2.2.1. Princípios educativos subjacentes à Aprendizagem Baseada em Investigação**

Os princípios orientadores do ensino que apoiam a nossa visão nesta intervenção relacionam-se com a Escola que queremos continuar a construir, a nossa visão de Educação e a perspetiva socioconstrutivista da aprendizagem.

A Escola que temos hoje deve ser uma escola cidadã, que reconhece e concebe oportunidades para uma educação cidadã (Santos, 2014), uma escola capaz de implementar estratégias para o desenvolvimento da autonomia do aluno não só na Educação, mas em particular, na Educação em Ciências. Estas estratégias podem e devem ser idealizadas e concebidas segundo uma perspetiva epistemológico-pedagógica de cariz auto-socioconstrutivista, que pressupõe a “corresponsabilização do eu e dos outros na construção do saber, do sujeito e do cidadão” (Santos, 2014, p. 169 – 170).

Muitas vezes nos debatemos com uma visão de Educação como lugar de emancipação (inter)pessoal e de mudança social. Isto suporta uma conceptualização da autonomia do aluno como uma “competência para se desenvolver como participante autodeterminado, socialmente responsável e criticamente consciente em (e para além de) ambientes educativos” (Jiménez Raya, Lamb & Vieira, 2007, p. 2). Este olhar sobre a autonomia torna-a uma competência e não apenas um conceito independente, uma competência que implica o desenvolvimento de um aluno socialmente responsável, com um papel ativo e com consciência crítica. Parece-nos que alunos com estas características são possíveis e desejáveis em ambientes educativos. Por outro lado, a competência de pensamento crítico define-se como: “(a) um conjunto de competências para processar e gerar informação e crenças, e (b) o hábito, baseado no compromisso intelectual, de utilizar essas competências para nortear o comportamento” (Jiménez Raya, Lamb & Vieira, 2007, p. 39).

Em conjunto com o exposto, esta prática pedagógica baseia-se nas perspetivas socioconstrutivista e auto-socioconstrutivista. Os conhecimentos são produzidos pelo próprio sujeito através das suas vivências no meio em que interage, sendo que estas interações sociais “são feitas, por um lado, do

intercâmbio com os colegas, e por outro, do intercâmbio com o adulto” (Jonnaert, 2012, p. 113). Em sala de aula traduz-se na relação entre professor – aluno e aluno – turma. Assim sendo, o sujeito constrói os seus conhecimentos através de uma atividade reflexiva sobre o que já sabe.

A perspetiva autoconstrutivista define-se como um construtivismo de conhecimentos pessoal, em que o sujeito constrói os seus saberes e se constrói a si só. A perspetiva auto-socioconstrutivista evidencia que o sujeito constrói os seus saberes e se constrói a si com os contributos dos outros. Assim, confere a coresponsabilidade do *Eu* e dos outros nessa construção (Bassis, 1977 in Santos, 2005). Este paradigma propicia, em contexto escolar, a autorreflexão, a educação dialógica, o debate, a argumentação e a mudança conceptual, o que vai ao encontro da prática pedagógica aqui analisada.

Considerando os aspetos mencionados, a intervenção pedagógica apresenta-se com uma proposta de abordagem da ABI, onde pretendemos desenvolver nos alunos competências científicas e transversais. Assim tornam-se críticos diante de problemas diversos do seu quotidiano, sendo capazes de levantar hipóteses e realizar análise de dados provenientes da sua realidade.

### **2.2.2. Aprendizagem Baseada em Investigação: contributos para a sua definição**

Quando procuramos entender e clarificar o conceito de aprendizagem baseada em investigação, além de nos debatermos com diferentes terminologias, verificamos que os contributos dos diferentes autores são diversos ao longo da história. A ideia de operacionalizar atividades de carácter investigativo na sala de aula utilizada atualmente é, em muitos aspetos, semelhantes à proposta que Dewey. Nesta, o professor utiliza procedimentos investigativos equivalentes aos utilizados por cientistas, dos quais fazem parte atividades práticas para averiguar problemas significativas do quotidiano do aluno (Rodríguez & León, 1995).

Antes de nos aprofundarmos nos fundamentos teóricos que caracterizam esta abordagem, é importante salvaguardar que não existe uma definição utilizada universalmente para a caracterizar. No entanto, identificamos, na literatura internacional, trabalhos que se baseiam nos pressupostos da ABI utilizando diversos termos, tais como: os termos em espanhol *enseñanza por investigación* (Gómez-Martínez, Carvalho & Sasseron, 2015; Rodríguez & León, 1995) e *aprendizaje or enseñanza por indagación* (Godoy, Segrra & Mauro, 2014; Torres Salas, 2010); e os termos em inglês *Inquiry* (Anderson, 2002), *inquiry-based science education* (Abd-El-Khalick et al., 2004), *inquiry based problem, inquiry based learning* (Bayram et al., 2013) ou *inquiry-based instruction* (Velloo, Perumal & Vikneswary, 2013).

No que toca às investigações científicas em língua portuguesa, os termos mais comumente utilizados são: *aprendizagem baseada em investigação*, *ensino de ciências por investigação*, *ensino por descoberta*, *ensino e aprendizagem como investigação ou atividades investigativas* (Zompero & Laburú, 2011). Assim, existem alguns trabalhos no âmbito desta abordagem a nível internacional (Abd-El-Khalick et al., 2004; Bybee, 2000; Carvalho & Gil-Peréz, 1993; Carvalho, 2013; Colombo Junior et al., 2012; Gouw, Franzolin & Fejes, 2013; Munford & Lima, 2007; Minstrell & Van Zee, 2000; Wheeler, 2000). Para efeitos na intervenção pedagógica aqui descrita, utilizamos a designação *aprendizagem baseada em investigação* (ABI) por ser, no nosso entendimento, a que me melhor identifica um método onde o aluno está no centro do processo de ensino-aprendizagem, baseando-se em atividades investigativas realizadas por cientistas.

A estratégia enquadra-se na perspetiva construtivista, apesar se afastar desta em termos de construção orientada e estruturada do conhecimento (Dewey, 1997; Freire, 2000; Vygotsky, 1986). Deste modo as conceções prévias dos alunos, assim como as suas experiências, afetam o desenvolvimento da sua aprendizagem, logo o professor deve tê-los em consideração. Por outro lado, segundo Bonwell & Eison (1991) o destaque principal deve ser dado ao desenvolvimento de habilidades conceptuais e experimentais, considerando assim as conceções prévias apenas uma das variáveis a ser consideradas no processo.

A definição da ABI, considerando a diversidade das terminologias supramencionadas, não é bem delimitada (Zompero & Laburú, 2011). No âmbito do Biological Sciences Curriculum Study (BSCS, 2006), surge em Portugal o Manual do Professor de Biologia (Klinckman, 1976), versão portuguesa traduzida pela fundação Calouste Gulbenkian, destinado aos professores, com a finalidade de aperfeiçoar o ensino da biologia. Neste manual, o “*inquiry*” é definido como:

“Um conjunto de atividades orientadas para a solução de um número não limitado de problemas relacionados, em que o aluno tem como principal finalidade uma atividade produtiva que leva ao aumento da sua capacidade de compreensão e de aplicação dos conhecimentos adquiridos”(Klinckman, 1976, p. 29)

Para Abd-El-Khalick et al. (2004) a ABI é uma abordagem de ensino que pretende ajudar o aluno a compreender a Ciência, entender os conteúdos criados e a essência do conhecimento científico. Através desta abordagem os alunos desenvolvem competências científicas como, por exemplo, a identificação de problemas e a formulação de hipóteses. Estes autores confirmam que esta metodologia é empregue em vários países, apesar de serem utilizados diferentes terminologias.

A ABI concretiza uma oportunidade para criar condições que desenvolvem a compreensão dos alunos sobre a Ciência, para proporcionar a aprendizagem significativa dos conteúdos científicos. Bybee

(2000) indica a existência de diversas modalidades didáticas, nas quais os professores da disciplina podem atuar, por exemplo: atividades práticas investigativas, estudos do meio, jogos, entre outras.

Carvalho (2013) entende esta estratégia como um conjunto subsequente de aulas que usualmente se inicia com a apresentação de um problema envolvendo um tema do programa da disciplina. Deste modo, as atividades são definidas com base nos recursos didáticos disponíveis, com o intuito de fortalecer nos estudantes:

“[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.” (Carvalho, 2013, p. 9).

A ABI pretende estimular o questionamento, a análise de evidências, a discussão de dados e a comunicação de conclusões, por intermédio de atividades de aprendizagem que envolvam, de partida, problemas a serem resolvidos. Para Carvalho (2013)

“[...] qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidades aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor.” (Carvalho, 2013, p.10)

Assim, a ABI pode acontecer por intermédio da exploração de problemas nas aulas de ciências. Isto permite que o aluno seja criativo, favorecendo a reflexão, de modo a deparar-se com evidências que esclareçam o problema (Machado & Sasseron, 2012).

Como explicitamos, diferentes autores explicam a ABI, existindo pontos concordantes nas suas ideias, nomeadamente a ideia de que a partir desta estratégia são instruídos os conhecimentos científicos. Partindo destes referenciais teóricos, a presente intervenção pedagógica foi concebida para envolver os alunos na resolução de problemas, de forma que eles construam o seu próprio conhecimento científico, desenvolvendo competências transversais e conhecimentos sobre a Ciência.

### **2.2.3. Breve historial: emergência de uma abordagem educacional**

O Ensino das Ciências continua a precisar de transformações nas formas de ensinar, e de professores atentos às novas demandas da vida em sociedade, onde tanto os alunos como a escola e os seus recursos mudaram (Carvalho, 1997). É preciso, portanto, trabalhar estratégias que desenvolvam

competências transversais e proporcionem uma melhor aprendizagem ao aluno, preparando-o para a resolução de problemas do seu quotidiano a partir da sala de aula.

A aprendizagem baseada em investigação (ABI) constitui uma estratégia de ensino que tem uma longa história no âmbito da Educação em Ciências, e surgiu como uma alternativa ao ensino tradicional, caracterizado predominantemente pela exposição de conteúdos e com pouca interação professor-aluno. Incita o questionamento, a recolha de dados, a análise e discussão com base em resultados e a comunicação entre os pares.

A ABI começou a firmar-se desde o século XIX, época em que as disciplinas de ciências passaram a fazer parte dos currículos de vários países (Bybee & DeBoer, 1994; DeBoer, 2006; Leite, 2001). Mais tarde ganhou força com investigadores como Dewey, Homer Lane, Montessori, Joseph Schwab, Bruner e Piaget, que estimularam as bases teóricas dos currículos no ensino das ciências, a partir da década de 1959, nos Estados Unidos (Harlen, 2015). Podemos dizer que teve a sua origem marcada pelo Movimento da Aprendizagem por Descoberta, fundamentado nas investigações de John Dewey, que afirmava ser possível atingir melhores resultados de aprendizagem quando o professor substitui a simples transferência de conceitos para a memorização por uma estratégia de aplicação do método científico (Olson & Loucks-Horsley, 2000; Lazonder & Harmsen, 2016). Pelas suas palavras:

“A ciência é mais do que um corpo de conhecimento a ser aprendido, também há um processo ou método a ser aprendido. “(Dewey, 1910) (tradução nossa) (Olson & Loucks-Horsley, 2000, p. 14).

No início do século XX, o ensino das ciências ainda não encontrava consenso na forma de ser concretizado. Dewey afirmava que a ciência era apresentada aos alunos como um saber pronto e imediato, em que os conteúdos eram restritos a leis e factos (Bybee, 2000). Seria fundamental proporcionar a esses alunos as oportunidades para o desenvolvimento de trabalho prático, visto ser essencial assumirem-se como membros de uma sociedade democrática, com uma atitude de questionamento, por meio de observação e participação ativa (Bybee & DeBoer, 1994). É então que, nos finais dos anos 50, criam-se, nos Estados Unidos, currículos elaborados por grupos de cientistas em associação com professores das áreas de ciências do ensino secundário, como é o caso do Physical Science Study Curriculum (PSSC) na física, do Chemical Bond Approach (CBA) na química, e do Biological Science Curriculum Study (BSCS) na biologia. O intuito destes recursos seria a introdução de mudanças significativas no ensino das ciências, de modo a envolver os alunos numa efetiva aprendizagem por investigação e nos procedimentos da ciência (Lunetta, 1998).

Iniciava assim o advento de uma nova possibilidade para ensinar ciências. Os alunos passaram a estar mais interessados pela interação entre ciência e sociedade, de modo que foi possível passar a discutir estes temas nas aulas de ciências. Com isto, surgiram novos currículos nos Estados Unidos e em Portugal iniciou-se um movimento para a criação de versões portuguesas. Citamos como exemplo uma iniciativa da Fundação Calouste Gulbenkian ao trazer uma edição do Projeto de Física. Em Valente (1978) destacou-se, entre as suas finalidades, a participação ativa dos jovens nos processos científicos, para que aprendessem como os próprios cientistas.

“(...) pretende-se que os jovens aprendam ciência, participando ativamente em todos os processos científicos, vivendo as dificuldades e alegrias próprias da descoberta científica. De uma maneira simples, deseja-se que os alunos se comportem como *pequenos cientistas*” (Valente, 1978, prefácio da edição portuguesa).

A partir desta altura foram concebidos outros programas que visavam o enriquecimento curricular dos alunos. Nestes projetos o aluno participava ativamente e o professor atuava como guia, para que aquele pensasse e agisse como um cientista. Ao longo das suas investigações, o aluno formulava hipóteses, observava, experimenta e chegava às suas conclusões (Freire, 1993).

Entre as décadas de 80 e 90 surgiram nos Estados Unidos, no Reino Unido e em outros países, projetos e iniciativas para implementar uma reforma nos currículos, que concretizasse o ensino por investigação nas salas de aula. Estas reformas apresentavam em comum a promoção de um desenvolvimento pessoal através da educação científica para todos, criando benefícios para a sociedade, a economia e a democracia (Galvão et al., 2006).

Já no século XXI, a ABI passa a ser vista como facilitadora da literacia científica, do desenvolvimento de competências científicas e transversais e da interação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Freire, 2009). A “*literacia científica*” é entendida como um conjunto de ferramentas fornecidas aos alunos para que estes sejam capazes de compreender e acompanhar discussões e debates científicos. A construção destas ferramentas deve acontecer por intermédio da escola, onde se dá habilitação e preparo aos alunos para a vida em sociedade (Martins, 2003). Relativamente ao termo “*competência*”, Perrenoud (1999) descreve-nos como sendo uma faculdade para “mobilizar um conjunto de recursos cognitivos para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações” (p. 1), considerando os contextos sociais, culturais e profissionais do sujeito. Esses dois termos, quando associados à ABI, impulsionaram o surgimento de uma nova filosofia de ensino.

#### 2.2.4. Modos de operacionalização da Aprendizagem Baseada em Investigação

Tal como as definições da ABI surgem por diversos autores, também são diversas as estruturas propostas na literatura. Porém, verifica-se que, quando implementados no ensino das ciências, as diversas estruturas são narradas com uma finalidade em comum: proporcionar a aprendizagem significativa dos alunos enquanto executam atividades análogas às de um cientista (American Association for the Advancement of Science, 1993-2009).

Segundo o National Research Council (1996) na ABI concretizam-se tarefas multifacetadas, tais como: as observações de evidências; o questionamento; a pesquisa em fontes de informação; a planificação de investigações; a análise e discussão de dados; e a comunicação dos resultados. Estas características reforçam a premissa de que os alunos devem estar no centro das suas aprendizagens, para além de se valorizar o trabalho dos cientistas.

A ABI abrange um leque de atividades que, ao conduzir os alunos, desperta a curiosidade para a resolução de problemas por um processo de investigação ativa e discussão de resultados. A execução desta estratégia pode variar em estrutura e profundidade, além de poder incluir variadas abordagens, como a integração de trabalho colaborativo, atividades na sala de aula ou extra-aula, ou até mesmo sem a orientação do professor (Freeman et al., 2014).

Os trabalhos de Olson & Loucks-Horsley (2000) e o projeto ORBIT da Universidade de Cambridge (ORBIT: The Open Resource Bank for Interactive Teaching, 2021) estão entre os trabalhos desenvolvidos para formular as diferentes abordagens da ABI, propondo sequências por etapas a serem atingidas. Relativamente à estratégia descrita neste relatório, decidimos explorar modelos mais simplificados, como os propostos por Colburn (2000):

- “*Structured Inquiry*” (Investigação estruturada) – o aluno recebe guiões simples de experiências e responde à perguntas a partir de observações.
- “*Guided Inquiry*” (Investigação guiada) – o aluno recebe indicações para utilizar determinados materiais e recursos, após o que é-lhe permitido que realize combinações registando observações.
- “*Open Inquiry*” (Investigação aberta) – o material é fornecido ao aluno sem guião, apenas para que faça observações.
- “*Learning Cycle*” (Aprendizagem em ciclo ou em espiral) – o aluno segue procedimentos de investigação, após o que o professor debate os seus resultados. O aluno tem contacto com os conteúdos durante os procedimentos, ou seja, antes de os ouvir pelo professor. Após a discussão, o aluno retorna ao laboratório para pôr em prática, num novo contexto, o que foi aprendido.

Numa outra proposta, Banchi & Bell (2008) apresentam outros modelos que podem caracterizar uma investigação, seguindo um pensamento semelhante ao do autor anteriormente mencionado:

- “*Confirmation Inquiry*” (Investigação por confirmação) – o aluno confirma um princípio ou conceito numa atividade, na qual os resultados são conhecidos antecipadamente.
- “*Structured Inquiry*” (Investigação estruturada) – o aluno investiga uma questão proposta pelo professor através de um guião.
- “*Guided Inquiry*” (Investigação guiada) – o aluno prepara e seleciona os procedimentos para responder à questão que lhe é proposta.
- “*Open Inquiry*” (Investigação aberta) – é a forma mais abrangente de investigação, na qual o aluno formula questões, fabrica os procedimentos para dar resposta às questões propostas e deve ser capaz de construir a comunicação dos resultados com argumentação.

No processo de construção da atividade de aprendizagem que concretiza a ABI na subunidade escolhida nesta intervenção pedagógica, foram consideradas as definições da *Investigação Estruturada*, como o descrito pelos autores acima citados. Após a validação por um especialista em Educação em Ciências, estruturamos a atividade de aprendizagem por tópicos – designados Pontos - ao longo dos quais são alternadas as estratégias para desenvolver com os alunos a ABI. Sendo que o objetivo central das etapas propostas é despertar o interesse e a curiosidade do aluno pela ciência e promover uma aprendizagem significativa e eficaz, não estando unicamente com o papel de memorizar informações, mas assumindo um papel ativo.

Independente do modo de operacionalizar a ABI em sala de aula, esta possui várias finalidades, uma vez que permite ao aluno diversas experiências que contribuem para a sua aprendizagem. Entre as finalidades reportadas conseguimos elencar aqui alguns aspetos relevantes, como: a utilização dos procedimentos científicos para a resolução de problemas; o desenvolvimento de competências de organização e interpretação de dados e de raciocínio; a capacidade de formularem explicações com base nas evidências observadas, e que permitam verificar hipóteses; o trabalho colaborativo, a comunicação de ideais, o respeito e a valorização das ideias dos colegas; o uso de linguagem própria e cientificamente correta, tanto na forma escrita como oral; e a possibilidade de aplicar as suas aprendizagens em contextos reais. Assim, os alunos tornam-se participantes críticos na sociedade em que vivem (Pérez,1993; Harlen & Allende, 2006).

### III – METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

#### Introdução

Este capítulo inicia-se pela apresentação sucinta da turma onde o estudo decorreu. A segunda secção incide na descrição geral da intervenção pedagógica, com descrição das fases que a compõem. A terceira secção pretende caracterizar a atividade de aprendizagem implementada ao longo da intervenção. Na quarta secção são apresentadas e descritas as técnicas de recolha de dados, nomeadamente a construção do questionário de pré-teste e pós-teste e do questionário de opinião. Por fim, na quinta secção são descritos os procedimentos mobilizados na avaliação da intervenção pedagógica.

#### 3.1. Caracterização da turma

A intervenção decorreu na disciplina de Biologia e Geologia, no ano letivo de 2020/2021, com um grupo de 19 alunos que se encontravam a frequentar o 10.º ano de escolaridade do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, numa Escola Secundária do distrito de Braga.

Para a compreensão das características da turma onde foi implementada a intervenção pedagógica, analisam-se a seguir os dados disponibilizados pela diretora de turma. Estes dados provêm do preenchimento de fichas socio-biográficas individuais, realizadas no início do ano letivo. O Quadro 2 apresenta a distribuição dos alunos que compõem a turma em função do sexo e da idade.

**Quadro 2:** Características da turma (n=19).

Sexo	Feminino		Masculino	
	f	%	f	%
<b>Idade</b>				
<b>14 anos</b>	3	15,8	1	5,3
<b>15 anos</b>	13	68,4	2	10,5
<b>Total</b>	16	84,2	3	15,8

A turma é composta por 19 alunos, sendo 3 alunos (15,8%) do sexo masculino e 16 (84,2%) do sexo feminino. O grupo apresenta uma faixa etária compreendida entre os 14 e 15 anos, em que 4 alunos (21,1%) tinham 14 anos e 13 alunos (68,4%) tinham 15 anos no início do ano letivo. Todos os alunos encontravam-se a frequentar todas as disciplinas do 10.º ano pela primeira vez.

Nas referidas fichas socio-biográficas todos os alunos revelaram possuir computador próprio e *Internet* em casa. Este dado é de extrema importância para o presente estudo, para averiguar a

exequibilidade da intervenção, assim como as potenciais limitações de recursos, caso as orientações da escola indicassem a mudança para o regime de aulas *online*.

Nas observações das aulas da orientadora cooperante foi possível verificar que a turma é calma, disponível para participar nas atividades propostas e preocupada com as tarefas a serem cumpridas. Na generalidade, os alunos demonstraram ser interessados pelos conteúdos explorados nas aulas, sendo identificados problemas de atitudes e comportamentos.

### 3.2. Descrição geral da intervenção pedagógica

A intervenção pedagógica realizada teve por base o estudo da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*, recorrendo à exploração da atividade de aprendizagem “Obtenção de matéria por seres heterotróficos”. A ABI é utilizada para desenvolver nos alunos, competências científicas e transversais, como o pensamento crítico e autónomo, tornando-os capazes de formular hipóteses, avaliar informações e tomar decisões, não só nesta disciplina, mas também no seu dia-a-dia. Para o efeito, a intervenção pedagógica divide-se em quatro fases distintas, esquematizadas no Quadro 3.

**Quadro 3:** Estrutura global da estratégia de intervenção pedagógica.

Fase	Enfoque	Aulas (45 min)
Fase 1	Aplicação do questionário de pré-teste	1
	Pontos 1 e 2	
	Atividade prática: Influência da concentração do meio extracelular no volume da célula. Processos de transporte não mediado: Difusão simples e osmose	3
	Pontos 3 a 6	
	Composição química e estrutura da membrana plasmática	2
Fase 2	Ponto 7 a 9	3
	Processos de transporte mediado: transporte ativo	
	Ponto 10	2
	Processos de transporte mediado: Difusão facilitada	
	Ponto 11	1
	Processos de transporte em quantidade: endocitose e exocitose	
	Pontos 12 a 18	3
	Digestão intracelular: a importância do sistema endomembranar	
Fase 3	Aplicação do questionário de pós-teste	1
Fase 4	Aplicação do questionário de opinião	Extra-aula

Uma vez que a intervenção decorreu integralmente em regime *online*, as aulas cumpriram regras estabelecidas pela escola cooperante, para garantir a exequibilidade das mesmas. Deste modo, foi pedido aos alunos que permanecessem com as câmaras e microfones ligados, de modo a estimular a

atenção e participação imediata, e para prevenir distrações ou conversas em salas virtuais paralelas. Os alunos acolheram o pedido sem objeções e gradualmente participavam, quer por iniciativa própria, quer quando solicitados.

### **Fase 1 – Aplicação do questionário de pré-teste**

Na primeira fase da intervenção pedagógica procedemos à aplicação do *questionário de pré-teste* (Anexo 1), numa aula de 45 minutos. A ferramenta de recolha de dados selecionada foi o *Google Forms*, com recurso ao telemóvel de cada aluno. Esta ferramenta tem o benefício de ser atrativa aos alunos (por valorizar o uso dos seus telemóveis) e ser prática para quem analisa as respostas, por ser possível a organização ordenada das respostas dos alunos, numa folha *Excel*, por questões (análise qualitativa) e para o tratamento das cotações obtidas em quadros (análise quantitativa).

Pretendemos, nesta fase, diagnosticar os saberes prévios dos alunos relativos aos conteúdos da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*. Além disso, será possível medir variáveis relacionadas com as dimensões do Processo do Conhecimento e do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom, assim como as dimensões da Educação em Ciências.

A construção deste questionário – descrita na secção 3.4.1.1. deste capítulo - procurou selecionar tipos de questões diversificados (escolha múltipla, correspondência e resposta aberta) para que a sua análise produzisse conclusões fiáveis acerca dos conhecimentos dos alunos, e para aproximar à estrutura do Exame Nacional, aplicado no final do 11.º ano de escolaridade.

### **Fase 2 - Exploração da atividade de aprendizagem “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos”**

A concretização da Fase 2 diz respeito ao conjunto de 14 aulas de lecionação, onde a intervenção incidiu na exploração da atividade de aprendizagem *“Obtenção de matéria por seres heterotróficos”* (Anexo 2). De acordo com o Quadro 3, os pontos da atividade estão associados segundo os conteúdos que exploram, ocupando entre uma a três aulas por conjunto. A atividade de aprendizagem será descrita com maior atenção na secção 3.3 deste capítulo.

Esta estratégia tem por objetivo a promoção da aprendizagem dos conteúdos da subunidade e o desenvolvimento de competências transversais, através de uma Investigação Estruturada. Pretende-se que os conteúdos da subunidade sejam abordados ao longo dos diversos pontos da atividade, sendo

alternados com revisões de conceitos (inícios das aulas), breves exposições (entre pontos da atividade) e sínteses (finais das aulas).

É importante ressaltar que cada ponto da atividade procura apresentar investigações desenvolvidas por diferentes cientistas, propondo ao aluno, pela indagação, a construção de hipóteses, análises de dados (textos, gráficos ou imagens), para que sejam capazes de debater conclusões. Deste modo, o seu conhecimento será construído pouco a pouco, e não simplesmente exposto e memorizado.

Foram utilizadas como ferramentas as apresentações *Power Point*, onde a atividade se encontra organizada segundo a sequência apresentada no Anexo 2. A vantagem associada ao uso desta ferramenta é o facto de o professor controlar de que forma as informações, problemas, dados e questões são fornecidos aos alunos, para potenciar o pensamento e a discussão. Além disto, as aulas decorreram através da plataforma *Zoom*, que garante o normal decorrer das aulas.

### **Fase 3 – Aplicação do questionário de pós-teste**

Esta fase corresponde à aplicação do *questionário de pós-teste* (Anexo 1) e decorreu durante uma aula, sendo que a recolha de dados se realizou através da ferramenta *Google Forms*, com recurso ao telemóvel do aluno. Uma vez que a extração dos dados numa folha *Excel* permite a junção quase imediata com os dados recolhidos no pré-teste, o tratamento de dados torna-se eficiente.

O propósito desta fase é avaliar o impacto da intervenção pedagógica, nomeadamente através da aquisição de saberes dos alunos sobre os conteúdos da subunidade explorada. Pretende-se acompanhar o desenvolvimento das aprendizagens realizadas para avaliar a eficácia, adequação e exequibilidade da abordagem proposta nesta intervenção pedagógica.

### **Fase 4 - Aplicação do questionário de opinião**

Esta fase, com execução num momento extra-aula, pretende aplicar o *questionário de opinião* (Anexo 3). O objetivo é o levantamento das opiniões dos alunos no que concerne ao impacto da estratégia de ensino implementada, mais concretamente através das: perceções dos alunos sobre a estratégia implementada; perceções dos alunos sobre aprendizagens realizadas e competências desenvolvidas, e as vantagens e desvantagens da estratégia identificadas pelos alunos.

O questionário - descrito na secção 3.4.1.2. – é curto, composto por perguntas objetivas, e foi construído considerando que a resposta ao mesmo não tome muito tempo ao aluno. A ferramenta

utilizada será, mais uma vez, o *Google Forms*, por facilitar o tratamento de dados e por permitir que os alunos respondam ao questionário em momento posterior às aulas, sem ocupar tempos letivos.

### **3.3. Caracterização da atividade de aprendizagem “Obtenção de matéria por seres heterotróficos”**

O processo de construção da atividade de aprendizagem se iniciou com a pesquisa bibliográfica. Em primeiro lugar analisamos: (a) o manual de Lima & Freitas (1987), material considerado pioneiro na introdução desta metodologia em conteúdos da biologia no Ensino Secundário; (b) o manual BSCS (2006), também reconhecido pelo desenvolvimento desta metodologia nos Estados Unidos da América; (c) manuais escolares adotados em Portugal, entre os quais se destaca o de Oliveira, Ribeiro & Silva (2007), onde identificamos diversos exercícios que se aproximam da metodologia aplicada.

Em segundo lugar, consultamos livros de Biologia Celular para a comprovação científica dos conteúdos, adequação e adaptação dos mesmos ao ano de escolaridade pretendido e para a construção de novas questões. Entre os livros consultados estiveram Cooper & Hausman (2007), De Robertis & Hib (2012), Alberts et al. (2015), e Raven et al. (2017).

A atividade de aprendizagem (Anexo 2) implementada está estruturada em tópicos numerados do Ponto 1 ao Ponto 18. Cada ponto representa uma situação a ser estudada, que surge na sequência do ponto anterior. Durante a intervenção pedagógica, os alunos têm acesso a um ponto de cada vez, a professora estagiária começa por fazer uma primeira leitura dos textos, esclarecendo eventuais dúvidas, e apresenta as questões. É dado algum tempo, cerca de 3 a 5 minutos, para que a turma reflita sobre a questão e posteriormente a professora estagiária solicita a resposta a um aluno em específico ou pede uma resposta voluntária. Após o que é pedido ainda uma segunda resposta a outro aluno, de forma a promover o debate sobre diferentes posições. Assim a turma pode chegar a consenso na análise do exposto até obter uma resposta cientificamente correta.

Relativamente aos conteúdos, a atividade de aprendizagem pode ser dividida em subtemas, concordantes com a organização da subunidade didática nas Aprendizagens Essenciais da disciplina, sendo eles: *membrana plasmática, processos de transporte transmembranar e sistema endomembranar e a digestão intracelular*. Descrevemos, de seguida, cada ponto da atividade.

O Ponto 1 inicia abordagem da membrana plasmática e qual o seu papel na relação entre a célula e o meio extracelular, para o entendimento do processo de osmose e difusão simples. Para a contextualização histórica do tema, é apresentada a denominação que os investigadores Nageli e Cramer

atribuíram à estrutura que separa o meio interno da célula do meio externo. A partir disto, para suscitar o interesse dos alunos, estes são questionados acerca da passagem de substâncias pela membrana e a sua constituição física e química. No seguimento, é apresentado o protocolo de uma atividade laboratorial que pretendia averiguar a influência da concentração do meio extracelular no comportamento de células. Devido ao facto de as aulas decorrerem em regime *online*, a professora estagiária executou a atividade previamente e apresentou na aula os materiais gravados para o efeito.

Apesar de os alunos não executarem a atividade, a exploração deste protocolo foi importante para que estes conhecessem os procedimentos realizados pelos cientistas. Foi apresentado o problema, em seguida os alunos foram desafiados a criar as hipóteses da investigação. Neste momento, a professora estagiária permitiu que os alunos apresentassem propostas voluntariamente. Em seguida foram apresentados os materiais necessários e os procedimentos da atividade. Os resultados foram expostos em formato de fotos e vídeos, a partir dos quais os alunos foram inquiridos para determinar o estado em que as células estavam (turgidez ou plasmólise). A discussão aconteceu partindo de três perguntas que incitavam a comparação entre as hipóteses propostas pelos alunos e os resultados obtidos. Finalizadas as tarefas do Ponto 1, a professora estagiária fez uma síntese teórica, onde foram explicitados os conceitos de osmose, difusão simples, meios hipertónicos, isotónicos e hipotónicos, em células animais e vegetais.

O Ponto 2 surge com relação ao primeiro ponto, na medida em que procura transformar a relação entre a membrana e passagem de substâncias, que os alunos confirmaram anteriormente, num caso prático. Foi apresentado um quadro com os meios extra e intracelular, e respetivas composições químicas. Em seguida, a professora estagiária propõe duas questões que requerem a análise cuidada dos valores apresentados. Após alguns minutos de reflexão é pedido a um aluno uma resposta para a primeira questão, seguindo-se o mesmo pedido para outro aluno, de forma a criar um debate e obter uma resposta unanime. Por confronto de ideias, os alunos conseguem chegar a uma resposta correta. O mesmo é feito para a questão seguinte.

No Ponto 3 inicia-se o estudo dos diferentes modelos explicativos da membrana plasmática. Este estudo é encadeado até ao Ponto 6. Ao longo desta exploração são apresentados alguns modelos, os investigadores que os propõem e as suas ideias, e esquemas representativos. O primeiro investigador apresentado é Overton, neste ponto os alunos deveriam analisar um pequeno texto com resultados de Overton e responder à duas perguntas. Estas perguntas pretendem averiguar em que medida os resultados podem confirmar a conhecida função de barreira da membrana plasmática.

No Ponto 4 surge o modelo proposto por Gorter e Grendel, descrito num pequeno texto e representado esquematicamente, seguido do modelo de Danielli e Harvey, em que é possível observar a clara evolução nas propostas. Após análise dos esquemas, a professora estagiária incita um aluno a descrever oralmente os esquemas representados, e propõe duas perguntas, relativas aos dois modelos.

No Ponto 5 é apresentado o modelo de Danielli e Dawson como uma reformulação do último modelo apresentado, sendo-lhe acrescentada camadas proteicas. Segue-se uma análise à semelhança do que acontece nos pontos anteriores. As questões propostas pela professora estagiária surgem no sentido de procurar explicar o movimento de diferentes partículas através da membrana.

O Ponto 6 traz o contributo do microscópio eletrónico para a validação dos modelos anteriores. Com a figura apresentada, os alunos serão capazes de descrever a estrutura da membrana. Após as discussões deste ponto, a professora estagiária é capaz de fazer uma síntese sobre os conceitos explorados e apresenta o Modelo do Mosaico Fluido como sendo o modelo atualmente aceite. É dado algum tempo para que os alunos assimilem as informações e coloquem eventuais dúvidas.

Para a exploração dos processos de transporte transmembranar são utilizados os pontos 7 a 10. O Ponto 7 apresenta uma experiência de Caldwell utilizando células nervosas. É apresentado o procedimento e o resultado obtido. A partir destas informações é perguntado aos alunos o que se pode concluir. Após a discussão em turma, a professora estagiária apresenta outra etapa da investigação, relativa à repetição da investigação em outras condições, seguindo-se uma questão para os alunos proporem hipóteses.

Na continuação do trabalho de Caldwell surge o Ponto 8, onde se apresenta um novo procedimento e um gráfico com os resultados obtidos. A primeira pergunta incita à interpretação dos dados apresentados. Esta é a oportunidade para que os alunos possam conversar e debater as suas observações. No seguimento, são expostos mais alguns dados sobre o procedimento, sendo propostas questões para os alunos criarem hipóteses e discutirem conclusões que os investigadores poderiam apresentar.

O Ponto 9 vem rematar o explorado anteriormente sobre o transporte de sódio e potássio nos neurónios. São apresentados alguns dados sobre o fluxo destes iões e a questão proposta pretende a formulação de hipóteses para o mecanismo de transporte de iões. Finalizado este ponto, a professora estagiária faz uma síntese relativa ao transporte ativo e a bomba de sódio e potássio.

O Ponto 10 apresenta dados relativos ao movimento de glicose através da membrana, sendo acompanhado por uma representação esquemática do mecanismo. Através da análise dos dados apresentados, os alunos devem ser capazes de descrever as etapas do processo de difusão facilitada.

Em seguida é pedido aos alunos uma análise ao gráfico apresentado, que representa a taxa de transporte nos processos de difusão simples e facilitada. As questões propostas em seguida, pretendem criar uma discussão sobre a evolução da velocidade de transporte nos dois processos e a importância dos mesmos para a célula. Após a discussão em turma, a professora estagiária faz uma revisão sobre os diferentes tipos de transportes transmembranares explorados, classificando-os quanto ao gasto de energia e a necessidade de um mediador.

Para explorar os conteúdos *sistema endomembranar e digestão intracelular* são considerados os pontos 11 a 18. No Ponto 11 são apresentadas fotomicrografias do processo de endocitose. Pela análise das fotomicrografias, os alunos são capazes de descrever o processo e de discutir a sua importância para o transporte de substâncias através da membrana plasmática. Por fim, a professora estagiária explica com clareza o processo e apresenta também o processo de exocitose.

No Ponto 12 são apresentadas fotomicrografias do retículo endoplasmático para que os alunos as descrevam, e relembrem o que aprenderam sobre as suas funções. O Ponto 13 apresenta alguns dados sobre a estrutura do retículo endoplasmático e pretende que os alunos discutam a sua importância para a célula.

O Ponto 14 apresenta o biólogo Golgi e o seu estudo com células tratadas com tetróxido de ósmio. Inicialmente a professora estagiária pede aos alunos que formulem uma hipótese que explique as observações de Golgi. Em seguida, fornece mais algumas informações sobre o estudo e apresenta uma fotomicrografia do complexo de Golgi. Por fim pede a um aluno para descrever o aspeto deste organelo, segundo o observado na figura.

Dos pontos 15 ao 18 são exploradas investigações que contribuíram para o entendimento do que hoje chamamos de digestão intracelular. No Ponto 15 a professora estagiária apresenta uma experiência de Palade com células do pâncreas marcadas com uma proteína radioativa, recorrendo a um pequeno texto e representações esquemáticas dos resultados obtidos. Inicialmente é dado algum tempo para os alunos consigam fazer a legenda dos esquemas, completando as designações dos diferentes organelos celulares. Posteriormente, em discussão é pedido que um aluno descreva o trajeto percorrido pela proteína dentro da célula de acordo com o demonstrado nas figuras. As questões seguintes pretendem que os alunos tirem conclusões acerca da função de diferentes organelos e a relação estrutural e funcional estabelecida entre si.

No Ponto 16 é mencionada uma experiência realizada por Duve com células do fígado de ratos para verificar a atividade enzimática de uma hidrólase. São apresentados os resultados obtidos. Após a exploração do texto, a professora estagiária propõe a um aluno que formule uma hipótese para explicar

os resultados obtidos, numa estratégia diferente do que foi feito anteriormente, em que os alunos primeiro propuseram hipóteses e só depois conheceram os resultados.

O Ponto 17, em continuação ao ponto anterior, apresenta uma imagem ao microscópio eletrónico, acompanhada de um texto. Estes dados vêm introduzir os lisossomas como organelos que contêm hidrólases. É pedido ao aluno que, com estas novas informações, interprete os resultados apresentados no ponto anterior.

Por fim, o Ponto 18 vem incrementar as aprendizagens realizadas, apresentando um esquema da digestão intracelular, associando-o à origem e função dos lisossomas. Neste ponto, os alunos deparam-se com um número maior de questões, para melhor entendimento do mecanismo. Inicialmente é dado algum tempo para completarem a legenda, sendo eventualmente solicitada a resposta a diferentes alunos. Em seguida a professora estagiária questiona acerca da origem dos lisossomas na célula e as suas funções.

Os alunos devem ser capazes de concluir acerca da relação entre os lisossomas e as atividades de defesa da célula e digestão celular. Pretende-se que os alunos sejam capazes de compreender o trajeto percorrido por proteínas na célula, desde a sua formação até o meio extracelular, e concluir quanto à função de diferentes organelos do sistema endomembranar.

### **3.4. Seleção da técnica de recolha de dados**

A recolha dos dados no decorrer de um estudo pode recorrer a diferentes técnicas (Coutinho, 2019). No caso do estudo aqui descrito, e tendo em vista os objetivos apresentados no Capítulo I, selecionamos a técnica de inquérito por questionário, devido à natureza quantitativa e qualitativa do presente estudo.

Segundo Sousa (2005) utilizam-se os questionários quando existe a necessidade de obter informações diretamente dos inquiridos, para que possam traduzir-se em dados passíveis de seres analisados. São frequentemente utilizados na investigação em Educação para recolha de dados de fenómenos observáveis, assim como para dados que não são diretamente observáveis, como opiniões, valores ou interesses (Gall et al., 2003).

De facto, as características dos questionários permitem-nos reconhecer vantagens associadas. Em primeiro lugar, citamos o facto de não necessitar de uma comunicação oral entre o investigador e os inquiridos, podendo estes dados serem fornecidos de forma anónima (Gómez et al., 1996). Em segundo lugar, não implica a existência de espaços físicos para a realização dos questionários, o que facilita a

aplicação dos mesmos. Em terceiro lugar, é flexível no tempo fornecido aos inquiridos, de modo que estes podem ler atentamente, pensar nas suas respostas e responder calmamente (McMillan & Schumacher, 2010). Por fim, estes questionários tornam o processo de recolha de dados mais fácil e rápido, ao ser composto por questões padronizadas, assim como a sua comparação.

No entanto, esta técnica apresenta também algumas limitações. Gómez et al. (1996) citam o fato de a padronização das perguntas não permitir observar diferenças de opiniões significativas entre os inquiridos, pela impossibilidade de estabelecer uma relação entre o inquirido e o inquiridor que permita detetar essas ideias, dificultando o esclarecimento das mesmas. Há ainda a possibilidade de os sujeitos não responderem ao questionário completo, o que resulta no prejuízo na análise de dados. Além do exposto, podem existir dificuldades relacionadas com subjetividade do investigador que interpreta os dados recolhidos (Sousa, 2005).

### **3.4.1. Construção dos instrumentos de recolha de dados**

A presente secção dedica-se à descrição dos instrumentos de recolha de dados construídos para proceder à avaliação da intervenção pedagógica, sendo eles o questionário de pré-teste e pós-teste (Anexo 1) e o questionário de opinião (Anexo 3). Inicia-se esta secção com a descrição das principais características dos questionários e dos objetivos que apoiaram a sua construção. Salva-se que os instrumentos passaram por momentos de análise por um especialista em Educação em Ciências de modo a obtermos a sua validação.

#### **3.4.1.1. Questionário de pré-teste e pós-teste**

O processo de elaboração do questionário de pré-teste e pós-teste (Anexo 1) foi orientada por um conjunto de procedimentos articulados. O pré-teste foi implementado antes da intervenção pedagógica e pretendia diagnosticar os saberes prévios dos alunos relativos aos conteúdos da subunidade estudada. O pós-teste foi implementado num momento pós-ensino e permite avaliar o impacto da intervenção pedagógica, nomeadamente através da aquisição de saberes dos alunos sobre os conteúdos, de modo a compreender a evolução do conhecimento, imprescindível para avaliar a intervenção pedagógica e a sua pertinência (Gall et al., 2003).

Inicialmente, procedemos à análise documental das Aprendizagens Essenciais designadas para a disciplina de Biologia e Geologia, no 10.º ano de escolaridade (Ministério da Educação, 2018), de modo

a apurar os objetivos nomeados para a subunidade pretendida. Da mesma forma, procedeu-se à análise de Exames Nacionais de Biologia e Geologia e de testes de avaliação da disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade, bem como manuais escolares fornecidos pelas editoras - nomeadamente, Porto Editora, Areal Editores e Edições ASA – para a seleção de textos e questões passíveis de serem utilizados no questionário.

Depois de selecionarmos as questões, adaptamos as mesmas segundo os objetivos definidos para o efeito do questionário, como mostra o Quadro 4. O processo de construção de um questionário é complexo, e deve iniciar pela definição clara dos objetivos das questões (Coutinho, 2019). A definição dos objetivos deu-se em conformidade com a natureza do seu conteúdo.

**Quadro 4:** Distribuição dos objetivos das questões que constituem o questionário de pré-teste e pós-teste.

<b>Conteúdo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Questão</b>	<b>Tipo de questão</b>
Membrana plasmática	Interpretar o modelo mosaico fluido, com base na organização e características das biomoléculas constituintes da membrana plasmática.	1.3	Escolha múltipla
	Definir exocitose como o mecanismo de transporte de substâncias para o meio extracelular.	1.2	Completamento
Movimentos transmembranares	Explicar de que forma processos transmembranares contribuem para a obtenção de matéria e a integridade celular.	3	Resposta restrita
	Distinguir diferentes movimentos transmembranares (osmose, difusão facilitada e difusão simples e transporte ativo) pelo modo como se processam.	4	Associação
	Descrever a bomba de Sódio/Potássio como o movimento de soluto do meio hipotónico para o meio hipertónico, com intervenção de proteínas transportadoras e gasto de energia.	5	Completamento
	Identificar a sequência de acontecimentos da digestão intracelular.	1.4	Resposta restrita
Sistema endomembranar e digestão intracelular	Descrever os constituintes do sistema endomembranar (Reticulo endoplasmático, complexo de Golgi e Lisossomas) quanto à sua função e estrutura	2	Ordenação
		1.1	Verdadeiro/Falso
		7	Resposta restrita
	Explicar mecanismos de digestão em seres unicelulares.	6	Resposta restrita

A versão final do questionário de pré-teste e pós-teste (Anexo 1) foi obtida após a submissão de uma primeira proposta para validação por um especialista em Educação em Ciências. Neste processo, o especialista fez uma apreciação, relativa a aspetos como a adequação das questões, número de questões, clareza do texto e distribuição das cotações atribuídas.

O questionário é constituído por 10 questões, segundo diferentes tipos de questões, tendo em vista atingir os objetivos descritos no Quadro 4. Podemos considerar que existem dois tipos fundamentais de questões (Russell & Airasian, 2011; Popham, 2018), sendo eles: (a) questões de seleção, onde o aluno indica uma resposta entre as alternativas apresentadas, podendo estas ser, por exemplo, de escolha múltipla, completamento, ordenação ou correspondência, e (b) questões de construção, em que o aluno produz a sua resposta, podendo esta ser curta ou restrita. Durante a construção do questionário, tivemos em atenção alguns critérios descritos por Airasian & Abram (2003) e Sousa (2005), como, por exemplo: a adequação das perguntas em função dos objetivos definidos; a adequação da sua linguagem face ao nível de escolaridade e faixa etária dos inquiridos, evitando-se vocabulário que os alunos não entendam, a objetividade e clareza das questões.

Os tipos de questões selecionados para este questionário estão entre os utilizados pelo Instituto de Avaliação Educativa (IAVE) na construção dos Exames Nacionais. Na sua seleção foram considerados aspetos comumente descritos na literatura (Black, 1998; Cunningham, 1998; Neves & Ferreira, 2015; Popham, 2018; Russell & Airasian, 2011), nomeadamente pontos fortes e fracos, indicações para a correta construção dos mesmos e dos respetivos critérios de correção.

Além dos objetivos e dos tipos de questões, foi importante considerar as dimensões do Processo Cognitivo e do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom, e as dimensões do Ensino das Ciências. A Taxonomia de Bloom, revista e atualizada por Anderson et al. (2001) pressupõe uma inter-relação de duas dimensões na construção da aprendizagem: a dimensão do Processo do Conhecimento e a dimensão do Processo Cognitivo. Assim, o Quadro 5 apresenta a distribuição das questões segundo as dimensões selecionadas, nomeadamente as dimensões *Conhecer*, *Compreender* e *Analisar*.

**Quadro 5:** Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom.

Dimensões	Questão	Cotação	Total	
			n	Cotação
Conhecer	1.3	7	1	7
	1.1	7		
Compreender	1.2	7	4	36
	4	7		
	6	15		
Analisar	1.4	16		
	2	10		
	3	8	5	57
	5	7		
	7	16		
Total			<b>10</b>	<b>100</b>

**Legenda:** n – número total de questões em cada dimensão.

Para a dimensão *Conhecer* prevê-se a reaquisição de conhecimento relevante com recurso à memória a longo prazo (Anderson et al., 2001), ou seja, “o aluno lembra ou reconhece informações, ideias e princípios de uma forma aproximada a que foram aprendidos” (Lopes et al., 2019, p. 193).

No que diz respeito à dimensão *Compreender*, esta prevê a elaboração de significados a partir de instruções através de comunicação oral, escrita ou gráfica (Anderson et al., 2001), ou seja, “o aluno traduz e interpreta a informação com base em conhecimentos anteriormente adquiridos” (Lopes et al., 2019, p. 193).

Relativamente à dimensão *Analisar*, esta requer a divisão dos conteúdos nas suas partes constituintes e a determinação da relação entre essas partes, relacionando-as com a estrutura global e/ou a sua função (Anderson et al., 2001), ou seja, “o aluno seleciona, transfere e usa dados e princípios para completar um problema ou uma tarefa com o mínimo de sentido” (Lopes et al., 2019, p. 194).

O Quadro 6 apresenta a distribuição das questões do questionário segundo as dimensões do Processo do Conhecimento, mais concretamente as dimensões *Conhecimento factual* e *Conhecimento conceptual*.

**Quadro 6:** Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom.

Dimensões	Questão	Cotação	Total	
			n	Cotação
Conhecimento factual	1.3	7	1	7
	1.1	7		
	1.2	7		
	1.4	16		
	2	10		
Conhecimento conceptual	3	8	9	93
	4	7		
	5	7		
	6	15		
	7	16		
TOTAL			<b>10</b>	<b>100</b>

**Legenda:** n – número total de questões em cada dimensão.

No que diz respeito ao *Conhecimento factual*, este refere-se aos elementos básicos que o aluno adquire ao se familiarizar com uma disciplina, terminologia, factos ou detalhes específicos (Anderson et al., 2001). Os conteúdos factuais geralmente requisitam competências ao nível do *Conhecimento*, são alcançados por uma assimilação rigorosa da informação e são os únicos que “podem ser avaliados através da memória, dado serem factos, datas, fórmulas, etc” (Lopes et al., 2019, p. 26).

Relativamente ao *Conhecimento conceptual*, este é mais complexo que o *factual* e está associado ao nível da *Compreensão* e da *Análise*. Baseia-se na inter-relação dos elementos básicos de conhecimento numa estrutura mais ampla, que lhes permite funcionar em conjunto (Anderson et al., 2001). Refere-se a classificações e categorizações, teorias, modelos e estruturas, que não necessitam ser aprendidos de maneira literal, mas implica a “assimilação do significado da nova informação, para compreender o que está a ser aprendido” (Lopes et al., 2019, p. 26).

Por fim, no processo de construção deste questionário foram ainda consideradas as dimensões da Educação em Ciências, em concordância com o descrito por Lopes (2020). O Quadro 7 apresenta a distribuição das questões em função das dimensões *Aprender Ciências* e *Aprender a fazer Ciências*.

**Quadro 7:** Distribuição das questões do questionário de pré-teste e pós-teste segundo as dimensões da Educação em Ciências.

Dimensões	Questão	Cotação	Total	
			n	Cotação
Aprender Ciências	1.2	7	7	62
	1.3	7		
	2	10		
	3	8		
	4	7		
	5	7		
	7	16		
Aprender a fazer Ciências	6	15	3	38
	1.1	7		
	1.4	16		
TOTAL		<b>100</b>	10	<b>100</b>

**Legenda:** n – número total de questões em cada dimensão.

De acordo com o descrito no Capítulo II deste relatório, a Educação em Ciências busca dotar os alunos de ferramentas que os permitam compreender a sociedade em que vivemos, para saberem identificar problemas e procurar soluções para os mesmos.

Assim, neste questionário, é nosso intuito avaliar, na dimensão *Aprender Ciências*, a capacidade do aluno para adquirir e fortalecer os seus conhecimentos científicos teóricos e conceptuais, incorporando ideias cientificamente aceites. Na dimensão *Aprender a fazer Ciências*, desejamos apurar a capacidade do aluno para desenvolver competências em metodologias científicas que o permita resolver problemas.

### **3.4.1.2. Questionário de opinião**

O questionário de opinião (Anexo 3) tem como objetivo central o levantamento das opiniões dos alunos no que concerne ao impacto da estratégia de ensino implementada. Para a sua construção, consultamos instrumentos de recolha de dados utilizados em práticas pedagógicas anteriores, como os questionários presentes em Novais (2015) e em Oliveira (2014).

O questionário é composto por três questões, de natureza diversa. A primeira é uma questão de escala tipo Likert, e pretende recolher as perceções dos alunos sobre conhecimentos científicos relativos à subunidade estudada e competências transversais adquiridas ao longo da intervenção pedagógica. Os termos da escala são: “Concordo totalmente”, “Concordo”, “Nem concordo nem discordo”, “Discordo” e “Discordo totalmente”. Nesta questão os alunos precisavam optar pelo termo que mais se assemelhava à sua opinião.

A segunda questão, do tipo aberta, pretende conhecer qual a relevância atribuída pelos alunos à estratégia implementada. Na terceira questão, também do tipo aberta, o aluno pode referir se teve ou não dificuldades decorrentes da estratégia, identificando-as. As questões de resposta aberta possibilitam ao aluno a expressão de ideias claras, e de forma livre, sobre estratégia implementada.

### **3.5. Procedimentos mobilizados na avaliação da intervenção pedagógica**

Os dados recolhidos a partir dos instrumentos anteriormente apresentados foram tratados tendo em vista alcançar os objetivos de avaliação da estratégia, definidos no Capítulo I deste relatório.

Para proceder ao tratamento dos dados recolhidos no questionário de pré-teste e pós-teste recorreremos à técnica de análise de conteúdo, descrita por Bardin (2016) e Coutinho (2019). Procedemos à análise qualitativa das respostas dos alunos de modo a definir categorias às diferentes respostas apresentadas. Desta forma, foram estabelecidas as seguintes categorias: Resposta Correta (RC), Resposta Parcialmente Correta, Resposta Incorreta (RI) e Não Respondida (NR).

Para a categorização de cada resposta analisada, seguimos as orientações utilizadas em outros estudos (Novais, 2015; Oliveira, 2014), sendo estas:

- Resposta Correta (RC) – respostas cientificamente aceites, ou seja, que abrangem as principais ideias científicas necessárias a uma explicação correta e cientificamente fundamentada à questão formulada, tendo em consideração o programa em vigor e os conteúdos presentes nos manuais escolares do 10.º ano de escolaridade.

- Resposta Parcialmente Correta (RPC) - respostas que contemplam apenas alguns parâmetros essenciais para que a resposta seja considerada correta, mas não contem todos os tópicos necessários para que se considere cientificamente correta.
- Resposta Incorreta (RR) - respostas que evidenciem que os alunos possuem um conhecimento errado ou um certo desconhecimento sobre os fenômenos, processos ou conceitos referentes.
- Não Respondida (NR) – casos em que se verifique a ausência de resposta.

Para o tratamento dos resultados obtidos através do questionário de opinião, procedemos à análise e tratamento de dados. Uma vez que este instrumento possui diferentes tipos de questões, as respostas foram analisadas de diferentes formas. No caso da primeira questão – de escala tipo Likert -, procedemos à análise quantitativa das respostas, que permitiu quantificar as frequências e as percentagens de cada termo da escala indicada.

No caso da segunda questão, por se tratar de uma questão aberta, a recolha de dados implicou a articulação de procedimentos de cariz qualitativo e de cariz quantitativo. No que refere ao procedimento qualitativo, diz respeito à análise de conteúdo (Bardin, 2016; Coutinho, 2019), para averiguar e definir categorias emergentes. As categorias foram definidas de acordo com um critério semântico, associando uma ou mais frases que expressam um determinado sentido sobre a questão proposta. Relativamente ao procedimento quantitativo, deu-se pela contabilização do número de respostas por categoria, de modo a, posteriormente, determinarmos frequências.

Para reduzir a subjetividade associada à técnica de análise de conteúdo recorreremos a vários momentos de análise de conteúdo, seguidos de confrontação da categorização das respostas efetuadas pela professora estagiária com a categorização feita pela colega estagiária e pela orientadora cooperante (Bardin, 2016; Coutinho, 2019). Assim, os procedimentos realizados para a validação da categorização das respostas dos alunos foram:

1. Identificação pela professora estagiária das ideias presentes em cada resposta;
2. Junção de respostas que contemplam ideias similares;
3. Categorização das respostas em dois momentos diferentes, pela professora estagiária;
4. Confronto das duas versões e definição de uma nova categorização;
5. Avaliação da categorização anterior pela colega de estágio e definição de uma nova categorização que mostram o posicionamento consensual entre as duas professoras estagiárias;
6. Discussão da categorização definida pelas professoras estagiárias com os restantes elementos do núcleo de estágio (orientadora cooperante e supervisor da universidade).

## IV - AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

### Introdução

No presente capítulo são apresentados e analisados os dados recolhidos para a avaliação da estratégia de intervenção pedagógica, implementada na disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade, obtidos em consonância com a estrutura delineada no capítulo referente à metodologia de intervenção pedagógica. Encontra-se organizado em quatro secções, definidas em função dos objetivos de investigação. A primeira secção prende-se à apreciação do impacte da intervenção pedagógica na (re)construção das conceções dos alunos na subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*. A segunda secção foca no impacte da intervenção pedagógica no Processo Cognitivo e no Processo do Conhecimento. A terceira secção dedica-se à análise do impacte da intervenção pedagógica na Educação em Ciências. A quarta secção centra-se na análise das representações dos alunos sobre o valor educativo da estratégia implementada.

#### **4.1. Impacte da intervenção pedagógica na (re)construção das conceções dos alunos sobre a subunidade “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos”**

A presente secção focaliza-se na apresentação e análise dos dados em função dos seguintes objetivos de investigação:

- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação no ensino da subunidade “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade.
- Capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de Biologia e Geologia;

A consecução destes objetivos processou-se através da análise das ideias dos alunos sobre três conteúdos da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos* — concretamente, os conteúdos *membrana plasmática*, *movimentos transmembranares* e *sistema endomembranar e digestão intracelular* — nos momentos antes e pós-ensino. Essas ideias foram analisadas a partir das respostas ao questionário de pré-teste e pós-teste (Anexo 1).

Inicia-se esta secção com a apresentação e análise dos dados referentes às ideias dos alunos sobre o tópico “*membrana plasmática*” nos momentos antes e pós-ensino. Estas ideias foram recolhidas a partir das respostas à questão 1.3 do questionário de pré-teste e pós-teste (Anexo 1). Esta questão

pretende que os alunos interpretem o Modelo Mosaico Fluido, com base na organização e características das biomoléculas constituintes da membrana plasmática.

O Quadro 8 mostra as frequências e percentagens de RC, RPC, RI e NR, nos momentos antes e depois do ensino. Considerando que n representa o número de alunos que respondeu quer ao pré-teste quer ao pós-teste, conseguimos determinar frequências absolutas e percentagens para cada categoria.

**Quadro 8:** Frequências e percentagens das conceções dos alunos relativamente ao conteúdo '*membrana plasmática*' nos momentos antes e pós-ensino.

Questão	Pré- teste (n=19)				Pós-teste (n=19)			
	RC	RPC	RI	NR	RC	RPC	RI	NR
1.3	7	0	12	0	16	0	3	0
Modelo do mosaico fluido	36,8	0,0	63,2	0,0	84,2	0,0	15,8	0,0

**Legenda:** RC - Resposta Correta; RPC - Resposta Parcialmente Correta; RI - Resposta Incorreta; NR - Não Respondida.

**Nota:** Estão representadas as frequências (arredondadas às unidades) e, as respetivas percentagens (arredondadas às décimas).

A análise dos resultados, no que diz respeito ao conteúdo *membrana plasmática*, evidencia que, no momento antes do ensino, a maioria dos alunos demonstrou possuir um conhecimento que se distanciava do cientificamente aceite, uma vez que 12 alunos (63,2%) assinalaram Respostas Incorretas. Estes resultados mostram que, apesar de os alunos conhecerem a composição da membrana plasmática, por terem estudado na subunidade didática anterior as biomoléculas, desconhecem a sua organização. Apesar disso, 7 alunos (36,8%) foram capazes de responder corretamente.

Em relação ao momento pós-ensino, há um aumento no número de Respostas Corretas, o que indica um predomínio do conhecimento cientificamente aceite. Além disso, verifica-se uma diminuição substancial no número de alunos que assinalam Respostas Incorretas. Estas duas ocorrências poderão relacionar-se à construção de ideias cientificamente aceites sobre o Modelo do Mosaico Fluido, aspeto desenvolvido ao longo da estratégia de intervenção pedagógica. No Ponto 5 da atividade (Anexo 2), por exemplo, explorou-se a evolução do modelo da membrana plasmática, proposto por Danielli e Dawson.

Além do exposto no Ponto 5, considera-se que o trabalho desenvolvido no Ponto 6 também pode ter contribuído para que os alunos passassem a sustentar ideias cientificamente aceites sobre a constituição da membrana plasmática. Tal consideração parte da premissa de que o desenvolvimento de ideias cientificamente aceites sobre este tópico requer, também, que os alunos compreendam a evolução dos diferentes modelos propostos, por diversos cientistas e consigam estabelecer a relação entre eles. Deste modo, os alunos conseguiram compreender que o Modelo do Mosaico Fluido foi definido em função do contributo de vários estudos, em diferentes épocas.

Relativamente aos dados referentes às ideias dos alunos sobre o conteúdo *movimentos transmembranares*, estão representados no Quadro 9, seguindo-se a respetiva apresentação e análise.

Os dados referentes às ideias dos alunos sobre esse tópico foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às questões 1.2, 3, 4 e 5 do questionário de pré-teste e pós-teste.

O Quadro 9 mostra as frequências e percentagens de RC, RPC, RI e NR, nos momentos antes e depois de ensino. Considerando que n representa o número de alunos que respondeu quer ao pré-teste quer ao pós-teste, conseguimos determinar frequências absolutas e percentagens para cada categoria.

**Quadro 9:** Frequências e percentagens das concepções dos alunos relativamente ao conteúdo 'movimentos transmembranares' nos momentos antes e pós-ensino.

Questão	Pré-teste (n=19)				Pós-teste (n=19)			
	RC	RPC	RI	NR	RC	RPC	RI	NR
1.2	8	0	11	0	14	0	5	0
Exocitose	41,2	0,0	57,9	0,0	73,7	0,0	26,3	0,0
3	0	1	1	17	0	17	2	0
Papel dos movimentos transmembranares	0,0	5,3	5,3	89,5	0,0	89,5	10,5	0,0
4	0	0	19	0	13	0	6	0
Movimentos transmembranares	0,0	0,0	100,0	0,0	68,4	0,0	31,6	0,0
5	3	0	16	0	11	0	8	0
Bomba de sódio-potássio	15,8	0,0	84,2	0,0	57,9	0,0	41,2	0,0

**Legenda:** RC - Resposta Correta; RPC - Resposta Parcialmente Correta; RI - Resposta Incorreta; NR - Não Respondida.

**Nota:** Estão representadas as frequências (arredondadas às unidades) e, as respetivas percentagens (arredondadas às décimas).

A questão 1.2 pretende que os alunos consigam definir exocitose como o mecanismo de transporte de substâncias para o meio extracelular. Antes da intervenção pedagógica registou-se que a maioria dos alunos possuía um conhecimento cientificamente incorreto. Estes resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que o conceito de exocitose não foi abordado em anos anteriores. Apesar disso, 8 alunos (41,2%) foram capazes de responder corretamente, possivelmente por terem acendido a essa informação anteriormente.

Após a intervenção pedagógica, constata-se que a maioria dos alunos revela possuir um conhecimento cientificamente aceite, sendo que o número de Respostas Corretas aumentou. Além disso, verifica-se uma diminuição substancial no número de alunos que assinalam Respostas Incorretas. A obtenção destes resultados poderá relacionar-se com a construção de ideias cientificamente aceites sobre a exocitose, aspeto que se relaciona ao trabalho desenvolvido.

No que concerne às ideias dos alunos sobre o transporte ativo como um processo que contribui para a manutenção do equilíbrio interno da célula, foram avaliadas na questão 3. No momento antes do ensino a maioria dos alunos não respondeu à questão, o que pode ser explicado porque não estavam familiarizados com o conceito de transporte ativo. Apresentamos de seguida a resposta categorizada

como cientificamente incorreta, uma vez que não abrange nenhuma das principais ideias científicas necessárias a uma explicação correta à questão formulada.

“Contribui para a manutenção do equilíbrio interno da célula visto que lhe fornece tudo para ela desempenhar as suas funções como energéticas.” A15

Após a aplicação da metodologia, a maioria dos alunos revela um conhecimento que se aproxima do cientificamente aceite, registaram-se 17 RPC (89,5%). Esta evolução relaciona-se, diretamente, à construção de ideias cientificamente aceites sobre os movimentos transmembranares, aspeto desenvolvido ao longo da intervenção pedagógica.

Na sequência, são apresentadas algumas respostas textuais dos alunos, estas foram atribuídas a categoria RPC. Nestas respostas os alunos foram capazes de cumprir alguns dos tópicos previstos para a questão, demonstrando saber o que é o transporte ativo e, por vezes, conseguindo relacionar o seu contributo para a manutenção do equilíbrio interno da célula.

“O transporte ativo contribui para o mantimento de um gradiente de concentração das substâncias entre os meios intra e extracelular, assim havendo um maior equilíbrio na célula. Isto é fundamental para a célula ter, no seu interior as substâncias de que precisa e enviar para o exterior as substâncias que estão em excesso ou que não precisa. O transporte ativo permite ainda à célula transportar para o meio intracelular as substâncias necessárias para o seu metabolismo e enviar para o exterior resíduos da digestão, hormonas e enzimas de que não precisa.” A06

"O transporte ativo propicia a formação de um gradiente de concentrações/diferença de concentrações entre o meio intracelular e o meio extracelular, com consumo de ATP. Mas por sua vez o transporte ativo conduz a concentrações internas apropriadas ao equilíbrio interno da célula, garantindo a sua sobrevivência." A19

A questão 4 tem como objetivo distinguir diferentes movimentos transmembranares (osmose, difusão facilitada, difusão simples e transporte ativo) pelo modo como se processam. Antes do ensino, todos os alunos possuíam um conhecimento cientificamente incorreto, revelando um desconhecimento sobre os tópicos apresentados, o que vai ao encontro do esperado.

No momento após o ensino, houve o predomínio do conhecimento cientificamente aceite, uma vez que se registaram 13 (68,4%) Respostas Corretas. Esta evolução expressiva pode relacionar-se com tópicos desenvolvidos na intervenção pedagógica, por exemplo, no Ponto 8 (Anexo 2). Este ponto consiste na interpretação de um procedimento que procura confirmar a participação da molécula de ATP no transporte dos iões de sódio e potássio em axónios. Deste modo, os alunos desenvolveram competências como a interpretação de gráficos, a formulação de hipóteses e conclusões para a construção do conhecimento cientificamente aceite.

A questão 5 pretende que o aluno seja capaz de descrever a Bomba de Sódio/Potássio como o movimento de soluto do meio hipotónico para o meio hipertónico, com intervenção de proteínas transportadoras e com gasto de energia. No momento antes do ensino, a maioria dos alunos demonstrou possuir um conhecimento que se distancia do cientificamente aceite, uma vez que 16 alunos (84,2%) assinalaram Respostas Incorretas. Após a intervenção pedagógica, a maioria dos alunos revelou possuir um conhecimento cientificamente aceite, registando-se 11 (57,9%) Respostas Corretas. Esta evolução pode relacionar-se com as atividades desenvolvidas durante a estratégia pedagógica, à semelhança do descrito para a questão anterior.

No que diz respeito às ideias dos alunos sobre o conteúdo *sistema endomembranar e digestão intracelular*, os dados estão representados no Quadro 10 e segue-se a respetiva análise. Os dados referentes às ideias dos alunos sobre esse conteúdo foram recolhidos a partir das respostas dos alunos às questões 1.1, 1.4, 2, 6 e 7 do questionário de pré-teste e pós-teste.

O Quadro 10 mostra as frequências e percentagens de RC, RPC, RI e NR, nos momentos antes e depois de ensino. Considerando que n representa o número de alunos que respondeu quer ao pré-teste quer ao pós-teste, conseguimos determinar frequências absolutas e percentagens para cada categoria.

**Quadro 10:** Frequências e percentagens das concepções dos alunos relativamente ao conteúdo '*sistema endomembranar e digestão intracelular*' nos momentos antes e pós-ensino.

Questão	Pré- teste (n=19)				Pós-teste (n=19)			
	RC	RPC	RI	NR	RC	RPC	RI	NR
1.1 Reticulo endoplasmático e Complexo de Golgi	13 68,4	0 0,0	6 31,6	0 0,0	17 89,5	0 0,0	2 10,5	0 0,0
7 Sistema endomembranar	0 0,0	1 5,3	3 15,8	15 78,9	0 0,0	11 57,9	4 21,1	4 21,1
1.4 Digestão intracelular	0 0,0	3 15,8	3 15,8	13 68,4	0 0,0	16 84,2	0 0,0	3 15,8
2 Digestão intracelular	0 0,0	0 0,0	19 100,0	0 0,0	13 68,4	0 0,0	6 31,6	0 0,0
6 Fagocitose	0 0,0	0 0,0	3 15,8	16 84,2	0 0,0	12 63,2	2 10,5	5 26,3

**Legenda:** RC - Resposta Correta; RPC - Resposta Parcialmente Correta; RI - Resposta Incorreta; NR - Não Respondida.

**Nota:** Estão representadas as frequências (arredondadas às unidades) e, as respetivas percentagens (arredondadas às décimas).

A questão 1.1 tem como objetivo descrever alguns constituintes do sistema endomembranar (retículo endoplasmático e complexo de Golgi) quanto à sua função e estrutura. No momento antes do ensino a maioria dos alunos revela possuir um conhecimento cientificamente aceite, dado que 13 alunos (68,4%) foram capazes de responder corretamente. Isto pode ser explicado pelo facto de que na unidade

didática anterior, foram estudados os organelos celulares, as suas estruturas e funções. Apesar disso ainda se registaram 6 (31,6%) respostas incorretas, demonstrando falta de estudo por parte dos alunos.

Após a intervenção pedagógica, repete-se o predomínio do conhecimento cientificamente aceite, registando-se um aumento das respostas corretas para 17 (89,5%), e apenas 2 (10,5%) Respostas Incorretas. A obtenção destes resultados relaciona-se diretamente à construção de ideias cientificamente aceites sobre o sistema endomembranar, aspeto que se relaciona ao trabalho desenvolvido ao longo da estratégia pedagógica.

Para a questão 1.4, o objetivo é que os alunos sejam capazes de identificar a sequência de acontecimentos da digestão intracelular. Os dados recolhidos revelam que, antes da intervenção pedagógica, a maioria dos alunos não respondeu à questão, o que pode ser explicado pelo nível de complexidade da questão, a qual os alunos não estariam familiarizados, pois exige a análise dos dados apresentados e a sua interpretação com base nos conhecimentos relativos aos diferentes organelos envolvidos.

Relativamente aos restantes alunos, uma minoria possui um conhecimento que se aproxima do cientificamente aceite, uma vez que 3 (15,8%) alunos apresentaram Respostas Parcialmente Corretas. Estas respostas revelam que os alunos se recordam de alguns dos conceitos aprendidos na unidade anterior, no que diz respeito aos organelos celulares, porém não são capazes de estabelecer uma relação entre os diferentes organelos e não conseguem interpretar os dados do gráfico. Entre as respostas apresentadas estão os exemplos:

“O percurso começa no retículo endoplasmático rugoso, que absorve a leucina. Depois passa pelo complexo de Golgi que a processa, e finalmente pelas vesículas de secreção que a vão expelir.” A07.

“O retículo endoplasmático rugoso produz proteínas que depois são transportadas até ao complexo de Golgi, aí são transformadas e são secretadas na forma de vesículas de secreção.” A10

Foram ainda identificadas 3 (15,8%) respostas que se distanciam do conhecimento cientificamente aceite, por revelarem que estes alunos não foram capazes de interpretar corretamente os dados apresentados. Entre elas, destacamos como exemplos:

“Com esta investigação conseguimos concluir que a utilização de leucina radioativa ajuda na produção de vesículas de secreção.” A05

“De acordo com o gráfico o retículo endoplasmático rugoso é o que apresenta maior radioatividade e as vesículas de secreção menor sendo o tempo proporcionalmente inverso à radioatividade.” A12

No momento pós-ensino, a maioria dos alunos foi capaz de demonstrar um conhecimento que se aproxima do cientificamente aceite, pois, o número de RPC aumentou para 16 (84,2%). Esta evolução representa o impacto positivo da metodologia, uma vez que os alunos foram capazes de cumprir a maioria dos tópicos previstos para a questão, demonstrando capacidade de interpretar o gráfico, assim como compreensão das funções dos organelos e do seu papel no trajeto da leucina. Entre as respostas estão os seguintes exemplos:

“O percurso começou a partir do reticulo endoplasmático rugoso, onde ocorre a síntese de proteínas, onde as principais proteínas sintetizadas no reticulo são as transmembranas, as que ficam dissolvidas em compartimentos e aquelas que serão secretadas. Depois passam para o complexo de Golgi, onde as proteínas são embaladas, transportadas e ocorre a maturação de proteínas. No complexo de Golgi enquanto são transportadas da região cis pra região trans, após chegarem a face trans do complexo de golgi as vesículas de secreção contendo leucina são libertadas e vão em direção à membrana celular, onde passam para o meio extracelular por realizam exocitose.” A18

“O percurso da Leucina começou no Reticulo endoplasmático, que realiza a síntese de lipídios e proteínas. Posteriormente passa para o complexo de golgi que modifica, armazena e exporta as substâncias como a leucina. Finalmente, as vesículas secretoras como o nome diz, fazem a secreção das substâncias e se dirigem para a membrana citoplasmática, fundindo-se com esta e libertando o seu conteúdo no exterior.” A16

O aumento de RPC vem acompanhado da inexistência de Respostas Incorretas. Essas duas ocorrências poderão relacionar-se à construção de ideias cientificamente aceites sobre a constituição do sistema endomembranar e o seu papel no percurso de proteínas no interior da célula, aspetos desenvolvidos ao longo da estratégia pedagógica. No Ponto 15 da atividade (Anexo 2) trabalhou-se o trajeto de proteínas no interior da célula, através de experiências realizadas por George Palade. Os alunos analisaram os esquemas representativos dos resultados para compreenderem os processos.

Na questão 2 o aluno seria capaz de identificar a sequência de acontecimentos da digestão intracelular. Verifica-se que, no momento antes do ensino, a totalidade dos alunos revelou um conhecimento cientificamente incorreto, por não serem capazes de identificar a sequência correta de acontecimentos. Isto pode dever-se ao desconhecimento dos conceitos de endocitose e exocitose.

Após a intervenção pedagógica a maioria dos alunos revela um conhecimento cientificamente aceite, sendo capazes de identificar a sequência correta, pois se registam 13 (68,4%) Respostas Corretas. A minoria que revela um conhecimento cientificamente incorreto pode justificar-se pela falta de atenção no momento da ordenação, pois geralmente trocavam a ordem de duas afirmações que diferenciavam lisossomas e vacúolos digestivos.

No que concerne às ideias dos alunos sobre o mecanismo mais primitivo de ingestão de alimentos, associando-o à digestão em seres unicelulares, foram avaliadas na questão 6. No momento antes do

ensino, a maioria dos alunos não respondeu à questão, o que pode ser explicado pela dificuldade em compreender a existência de diferentes estratégias de obtenção de matéria pelos diversos organismos heterotróficos. Adicionalmente, 3 alunos (15,8%) apresentaram respostas incorretas que demonstram a dificuldade em raciocinar acerca do que a questão pede, levando-os a não aprofundar o seu pensamento. Entre as respostas analisadas destacamos os exemplos:

“Na minha opinião o mecanismo mais primitivo da ingestão de alimentos ocorreu de forma natural. Os seres vivos quando chegam à terra têm um objetivo, a sobrevivência. A ingestão de alimentos é necessário para tal logo talvez por tentativas tenham chegado lá.” A02

“O mecanismo mais primitivo provavelmente tal como o da minhoca só era constituído por dois buracos a boca e o ânus.” A05

Após a intervenção pedagógica, a maioria dos alunos revela um conhecimento que se aproxima do cientificamente aceite, uma vez que se registaram 12 (63,2%) RPC. Esta evolução representa o impacto positivo da metodologia, uma vez que os alunos já foram capazes de cumprir a maioria dos tópicos previstos para a questão, por identificarem os seres unicelulares como os mais primitivos.

Além do predomínio de respostas parcialmente corretas, também se regista um decréscimo de respostas incorretas, para apenas duas (10,5%). Estas respostas são, em seguida, apresentadas:

“O mecanismo primitivo deve ter sido muito simples e facilitado pelo que os seres vivos tinham dificuldade em absorver os alimentos e muitas vezes os alimentos eram perdidos com a existência de uma só abertura.” A01

“A evolução dos sistemas digestivos foi no sentido do aumentar a complexidade do sistema digestivo e com órgãos anexos, o que permite um maior consumo e maior aproveitamento dos alimentos.” A09

Esta evolução poderá relacionar-se com a construção de ideias cientificamente aceites sobre o processo de endocitose, aspeto desenvolvido ao longo da estratégia pedagógica. No Ponto 11 da atividade (Anexo 2), por exemplo, trabalhou-se a compreensão deste processo, discutindo a sua importância para a obtenção de matéria pela célula.

Por fim, as ideias dos alunos sobre o funcionamento do sistema endomembrar foram avaliadas na questão 7. Verifica-se que, no momento antes do ensino, a maioria dos alunos não respondeu à questão, o que pode ser explicado porque, apesar de os alunos já terem ouvido falar da doença da diabetes nos seus grupos sociais e até na disciplina de Ciências Naturais, não compreendem a ligação entre o sistema endomembrar e a possível ocorrência da doença. Adicionalmente, 3 alunos (15,8%) apresentaram respostas incorretas, que demonstram um desconhecimento da função dos diferentes organelos do sistema endomembrar. Entre as respostas analisadas estão os seguintes exemplos:

“Se não houver retículo endoplasmático não há filtração de açúcar e possibilita o aparecimento de diabetes.”  
A01

“Uma das funções do retículo endoplasmático liso é a formação de glicose. Se este organelo não tiver devidamente a funcionar como era suposto, irá formar demasiada glicose, causando a diabetes à pessoa em causa.” A10

Apenas um aluno (5,3%) revelou um conhecimento que se aproxima do cientificamente correto, apresentando uma Resposta Parcialmente Correta. Esta resposta, apresentada a seguir, revela que o aluno se recorda da função do pâncreas, um conhecimento que pode ter sido obtido na disciplina de Ciências Naturais ou até mesmo através dos meios de comunicação social.

“Se o pâncreas não liberta insulina suficiente, a glicose não é devidamente processada, o que pode afetar as células do tecido cardíaco e muscular.” A07

No momento pós-ensino, a maioria dos alunos foi capaz de demonstrar um conhecimento que se aproxima do cientificamente aceite, pois, o número de RPC aumentou para 11 (57,9%). Esta evolução representa o impacto positivo da metodologia, uma vez que os alunos já foram capazes de cumprir a maioria dos tópicos previstos para a questão, identificando corretamente os constituintes do sistema endomembranar, assim como as suas funções, ou por compreenderam que uma mutação gera uma falha no funcionamento de um determinado organelo. Deste modo, poderiam ser capazes de compreender que a consequência de uma mutação no retículo endoplasmático pode ser a incapacidade de degradação de glicose pela célula, originando a doença de diabetes. Entre as respostas analisadas estão os seguintes exemplos:

“Se houver uma mutação no RE de células pancreáticas, haverá menor, ou não haverá, produção de enzimas, ou seja, há menor libertação de insulina do pâncreas para a corrente sanguínea, resultando na fusão de menos vesículas contendo insulina com a membrana celular, ou seja, a glicose não é transportada para o interior da célula para ser convertida num polissacarídeo, mas antes permanece na corrente sanguínea.” A07

“Como o retículo endoplasmático é responsável pela síntese e também pelo transporte de proteínas, no caso do retículo endoplasmático rugoso, e no transporte de lipídios, no retículo endoplasmático liso, se houvesse alguma mutação do retículo endoplasmático pode implicar que, como é no pâncreas, o retículo não produziria e transportaria insulina necessária. Assim não haveria forma de degradar a glicose ingerida e os seus níveis no sangue continuariam elevadíssimos.” A14

Além do aumento de Respostas Parcialmente Corretas, regista-se uma diminuição dos números de NR, o que significa que após a intervenção pedagógica os alunos adquiriram ideias que lhes permitiram responder a esta questão. Por outro lado, verifica-se que 4 alunos (21,1%) revelam um

conhecimento cientificamente incorreto, por apresentarem respostas erradas. Entre elas estão os exemplos a seguir, que demonstram que os alunos não foram capazes de compreender a relação entre os elementos apresentados. Isto pode ser um indicador da necessidade de continuarem a ser implementadas estratégias que desenvolvam a capacidade de raciocínio e resolução de problemas.

“A entrada em demasia de glicose, se houver demasiada ingestão de glicose no sangue o pâncreas vai deixar de ter capacidade de produzir insulina suficiente.” A07

“O transportador de glucose corresponde a uma proteína transmembranar. A glucose é um monómero que resulta da digestão de hidratos de carbono mais complexos. As vilosidades e as válvulas coniventes aumentam a eficácia de absorção do intestino humano.” A09

Em suma, a partir dos resultados discutidos nesta secção, concluímos que a intervenção contribuiu para a (re)construção do conhecimento científico dos alunos nos tópicos explorados na subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*, mais concretamente *membrana plasmática*, *movimentos transmembranares* e *sistema endomembranar e digestão intracelular*. Isto apoia-se no aumento de Respostas Corretas no pós-teste em todos os itens, e também pela diminuição da frequência de Respostas Incorretas para todos os itens do pós-teste, apesar de apenas um item não apresentar respostas nesta categoria. Além disso verificou-se, ao mesmo tempo, um aumento das Respostas Parcialmente Aceites. É, também, notória a diminuição expressiva de respostas na categoria de Não Respondida para a maioria dos itens no questionário de pós-teste, existindo apenas em três itens.

## **4.2. Impacte da intervenção pedagógica na capacidade de resolução de problemas**

Esta secção expõe e analisa os dados de acordo com o seguinte objetivo de investigação:

- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos.

A consecução do referido objetivo de investigação processou-se através da análise das ideias dos alunos sobre os conteúdos da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos* segundo a dimensões do Processo Cognitivo e do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom. Essas ideias foram analisadas a partir das respostas ao questionário de pré-teste e pós-teste.

Inicia-se esta secção com a apresentação e análise dos dados referentes às dimensões do Processo Cognitivo, mais concretamente às dimensões *Conhecer*, *Compreender* e *Analisar*.

O Quadro 11 apresenta a soma das médias de cotações obtidas por dimensão (SMD) em função das dimensões do Processo Cognitivo existentes no questionário de pré-teste e pós-teste. Considerando que CQ representa a cotação de cada questão analisada e STD representa a soma total por dimensão, sendo que o questionário foi construído para um máximo de 100 pontos.

**Quadro 11:** Média das cotações obtidas nas diferentes questões relativas às dimensões do Processo Cognitivo da Taxonomia de Bloom.

Dimensões	Questão	Cotação		Pré-teste		Pós-teste	
		CQ	STD	MQ	SMD	MQ	SMD
Conhecer	1.3	7	7	2,6	2,6	5,9	5,9
	1.1	7		4,8		6,3	
Compreender	1.2	7	21	2,9	7,7	5,2	16,3
	4	7		0		4,8	
Analisar	1.4	16		0,8		8,5	
	2	10		0		6,8	
	3	8	72	0,2	2,3	3,9	33,8
	5	7		1,1		4,1	
	6	15		0		5,8	
	7	16		0,2		4,6	
	Total			100		12,6	

**Legenda:** CQ – Cotação por questão; STD – Soma total por dimensão; MQ – Média das cotações obtidas; SMD - Soma das médias de cotações obtidas por dimensão.

Numa primeira análise dos resultados, verifica-se que antes da intervenção pedagógica os alunos demonstravam melhor desempenho nas categorias *Conhecer* e *Compreender*. Isto significa que antes do ensino os alunos estavam nos níveis de menor complexidade do Processo Cognitivo. No momento pós-ensino, verifica-se que a categoria *Analisar* é aquela em que os alunos apresentam um melhor desempenho, significando uma evolução para níveis cognitivos mais complexos.

Para a dimensão *Conhecer*, houve uma evolução positiva, uma vez que a soma das médias de cotações obtidas pelos alunos no pré-teste foi de 2,6 pontos e subiu para 5,9 pontos no pós-teste. Isto demonstra uma melhoria na resolução de questões com o simples uso da memória, informações isoladas ou conhecimentos específicos utilizados separadamente. Do mesmo modo, os alunos foram capazes, após a intervenção pedagógica, de lembrar as informações, ideias e princípios estudados durante o processo educativo.

A dimensão *Compreender* pretende que os alunos traduzam e interpretem a informação com base em conhecimentos anteriormente adquiridos. Detetamos uma evolução expressiva para esta dimensão, uma vez que os resultados registam uma soma de cotações obtidas no pré-teste de 7,7 pontos, seguida de 16,3 pontos obtidos no pós-teste. Deste modo, os alunos foram capazes, após a intervenção

pedagógica, de entender os conteúdos e os seus significados, e fazer uso destes em contextos diferentes determinados nas questões, cuja resolução não exija maior complexidade.

Por fim, a dimensão *Analisar*, contendo 6 questões, pretende que os alunos sejam capazes de dividir em partes as informações contidas no conteúdo, entendendo as relações destas entre si ou agregar e juntar partes com a finalidade de criar um novo. Os dados revelam que no pré-teste a soma de cotações obtidas nesta dimensão foi de 2,3 pontos, e evoluiu para 27,3 pontos no pós-teste. Com isto, podemos afirmar que houve um incremento na capacidade de decompor o material nas suas partes constituintes e determinar como as partes se relacionam entre si, sendo capazes de classificar e relacionar pressupostos, hipóteses e evidências propostas nas questões.

No que concerne aos dados referentes às dimensões do Processo do Conhecimento, mais concretamente às dimensões *Conhecimento factual* e *Conhecimento conceptual*, segue-se a sua apresentação e análise. Estes dados foram recolhidos a partir das respostas dos alunos ao questionário de pré-teste e pós-teste.

O Quadro 12 apresenta a soma das médias de cotações obtidas por dimensão (SMD) em função das dimensões do Processo do Conhecimento existentes no questionário de pré-teste e pós-teste. Considerando que CQ representa a cotação de cada questão analisada e STD representa a soma total por dimensão, sendo que o questionário foi construído para um máximo de 100 pontos.

**Quadro 12:** Média das cotações obtidas nas diferentes questões relativas às dimensões do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom.

Dimensões	Questão	Cotação		Pré-teste		Pós-teste	
		CQ	STD	MQ	SMD	MQ	SMD
Conhecimento factual	1.3	7	7	2,6	2,6	5,9	5,9
	1.1	7		4,8		6,3	
	1.2	7		2,9		5,2	
	1.4	16		0,8		8,5	
Conhecimento conceptual	2	10		0		6,8	
	3	8	93	0,2	10	3,9	50,1
	4	7		0		4,8	
	5	7		1,1		4,1	
	6	15		0		5,8	
	7	16		0,2		4,6	
Total			100		12,6		56,0

**Legenda:** CQ – Cotação por questão; STD – Soma total por dimensão; MQ – Média das cotações obtidas; SMD - Soma das médias de cotações obtidas por dimensão.

Numa primeira análise, verifica-se que antes do ensino os alunos demonstravam melhor desempenho na dimensão do *Conhecimento factual*. Isto significa que no momento antes do ensino os

alunos possuíam conhecimentos mais concretos. No momento pós-ensino, verifica-se que a dimensão do *Conhecimento conceptual* é aquela em que os alunos apresentam um melhor desempenho, significando uma evolução na organização de conhecimentos mais abstratos.

Para a dimensão *Conhecimento factual* houve uma evolução positiva, uma vez que a soma das médias de cotações obtidas pelos alunos no pré-teste foi de 2,6 pontos e subiu para 5,9 pontos no pós-teste. Isto demonstra uma melhoria no uso da informação literal, isto é, elementos básicos que o aluno deve saber, como dados e factos. Deste modo, avalia-se que a intervenção pedagógica contribuiu para a aquisição de saberes básicos como terminologia e detalhes específicos necessários para a resolução de problemas na subunidade estudada.

A dimensão *Conhecimento conceptual* pretende que o aluno seja capaz de estabelecer inter-relações entre elementos básicos de conhecimento numa estrutura mais abrangente, que lhes permite funcionar em conjunto. Pela análise dos dados, verifica-se uma evolução expressiva para esta dimensão, uma vez que se regista uma soma de cotações obtidas no pré-teste de 10 pontos, seguida de 50,1 pontos obtidos no pós-teste. Deste modo, a intervenção pedagógica foi eficaz no desenvolvimento de competências mais complexas, que implicam a assimilação do significado das informações, indo além da simples assimilação literal. Estes resultados demonstram, portanto, que a metodologia aplicada contribuiu para a aquisição de conhecimentos, de princípios e generalizações, assim como de teorias, modelos e estruturas.

### **4.3. Impacte da intervenção pedagógica na Educação em Ciências**

A presente secção mostra e analisa os dados à luz das dimensões da Educação em Ciências, trabalhadas no decorrer da intervenção pedagógica. Procedeu-se à análise das ideias dos alunos sobre os conteúdos da subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos* segundo as referidas dimensões, a partir das respostas dos alunos às questões do questionário de pré-teste e pós-teste.

Inicia-se esta secção com a apresentação e análise dos dados referentes às dimensões da Educação em Ciências, nomeadamente as dimensões *Aprender Ciências* e *Aprender a fazer Ciências*.

O Quadro 13 apresenta a soma das médias das cotações obtidas por dimensão (SMD) em função das dimensões existentes no questionário de pré-teste e pós-teste. Considerando que CQ representa a cotação de cada questão analisada e STD representa a soma total por dimensão, sendo que o questionário foi construído para um máximo de 100 pontos.

**Quadro 13:** Média das cotações obtidas nas diferentes dimensões relativas às dimensões da Educação em Ciências.

Dimensões	Questão	Cotação		Pré-teste		Pós-teste	
		CQ	STD	MQ	SMD	MQ	SMD
Aprender Ciências	1.2	7		2,9		5,2	
	1.3	7		2,6		5,9	
	2	10		0		6,8	
	3	8	62	0,2	7	3,9	35,3
	4	7		0		4,8	
	5	7		1,1		4,1	
	7	16		0,2		4,6	
Aprender a fazer Ciências	1.4	16		0		5,8	
	1.1	7	38	4,8	5,6	6,3	20,7
	6	15		0,8		8,5	
Total			100		12,6		56,0

**Legenda:** CQ – Cotação por questão; STD – Soma total por dimensão; MQ – Média das cotações obtidas SMD - Soma das médias de cotações obtidas por dimensão.

Numa primeira análise dos resultados, constata-se que antes da intervenção pedagógica os alunos demonstraram baixos desempenhos nas dimensões *Aprender Ciências* e *Aprender a fazer Ciências*. Isto significa que os alunos praticamente não possuíam conhecimentos de dados, conceitos e teorias relacionados à subunidade explorada, por outro lado, também revelavam um baixo desenvolvimento na relação entre os saberes e a sua aplicação prática. No momento pós-ensino, verifica-se que os alunos apresentam um melhor desempenho em ambas as dimensões, com uma evolução expressiva dos valores.

Na dimensão *Aprender Ciências* regista-se uma evolução expressiva, uma vez que se regista uma soma de cotações obtidas no pré-teste de 7 pontos, seguida de 35,3 pontos obtidos no pós-teste. Deste modo, a estratégia foi eficaz no desenvolvimento de competências de aplicação dos conhecimentos adquiridos em novos problemas, e o conhecimento e compreensão de conceitos, factos e princípios. Os alunos foram capazes de relacionar elementos para resolver problemas.

Para a dimensão *Aprender a fazer Ciências* houve uma evolução positiva, uma vez que a soma das médias de cotações obtidas pelos alunos no pré-teste foi de 5,6 pontos e subiu para 20,7 pontos no pós-teste. Isto demonstra uma melhoria na interpretação de informação, utilizando modelos teóricos que permitam atribuir sentido aos dados recolhidos, assim como na análise de informação para formular hipóteses, conclusões e estabelecer relações entre variáveis apresentadas. Deste modo, avalia-se que a intervenção contribuiu para o desenvolvimento de destrezas cognitivas associadas ao trabalho prático.

#### **4.4. Valor educativo apontado pelos alunos à intervenção pedagógica**

A presente secção focaliza-se na apresentação e análise da estratégia pedagógica em função do seguinte objetivo de investigação:

- Determinar fatores facilitadores e constrangimentos da aprendizagem baseada em investigação.

A consecução deste objetivo deu-se através da análise de:

- Opiniões sobre as aprendizagens e competências desenvolvidas durante a intervenção pedagógica.
- Representações dos alunos sobre a relevância da metodologia de ensino.
- Representações dos alunos sobre os constrangimentos da metodologia de ensino.

Os dados aqui expostos resultaram da análise das respostas ao questionário de opinião (Anexo 3). As questões colocadas permitiram conhecer a opinião dos alunos, intervenientes fundamentais no processo de ensino-aprendizagem, relativamente aos contributos da estratégia no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos e no desenvolvimento de competências transversais nas aulas de Biologia e Geologia referentes à subunidade *Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*. Do mesmo modo, permitiram conhecer a relevância atribuída pelos alunos à estratégia e os constrangimentos apontados.

##### **4.4.1. Contributos da estratégia de ensino**

Inicia-se esta secção com a apresentação e análise dos dados referentes às opiniões dos alunos sobre os contributos da atividade de aprendizagem focalizadas na exploração dos conteúdos. Esses dados foram recolhidos a partir de respostas à primeira questão - *Expressa a tua opinião sobre as aprendizagens desenvolvidas durante as aulas utilizando a seguinte escala* - do questionário (Anexo 3).

O Quadro 14 mostra os resultados referentes à opinião dos alunos sobre as aprendizagens desenvolvidas ao longo da intervenção pedagógica. São apresentadas frequências e percentagens repartidas pelas categorias Concordo Totalmente (CT), Concordo (C), Discordo (D), Discordo Totalmente (DT) e Não Concordo Nem Discordo (NC/ND), de acordo com o selecionado pelos alunos.

A análise dos dados do Quadro 14 mostra uma tendência de opinião claramente centrada nos graus de Concordância Total e Concordância para a maioria dos itens (exatamente 7 dos 8 itens), com valores significativamente altos (entre 21,1% e 52,6%, respetivamente).

**Quadro 14:** Contributo da metodologia de ensino adotada na aprendizagem dos alunos (n=19).

<b>Competências disciplinares</b> <b>A intervenção pedagógica contribui para o/a ...</b>	<b>CT</b>		<b>C</b>		<b>D</b>		<b>DT</b>		<b>NC/ND</b>	
	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
Conhecer processos de obtenção de matéria pelos seres heterotróficos	7	36,8	8	42,1	1	5,3	1	5,3	2	10,5
Compreender a estrutura da membrana plasmática	9	47,4	6	31,6	1	5,3	1	5,3	2	10,5
Compreender como se processa a osmose	10	52,6	4	21,1	4	21,1			1	5,3
Compreender como se processa a difusão simples	6	31,6	6	31,6	5	26,3	1	5,3	1	5,3
Compreender como se processa a difusão facilitada	7	36,8	4	21,1	5	26,3	1	5,3	2	10,5
Compreender como se processa o transporte ativo	7	36,8	6	31,6	4	21,1			2	10,5
Compreender como se processa a endocitose e a exocitose	9	47,4	5	26,3	4	21,1			1	5,3
Compreender como se processa a digestão intracelular	2	10,5	7	36,8	8	42,1			2	10,5

**Legenda:** **CT** - Concordo Totalmente; **C** - Concordo; **D** - Discordo; **DT** - Discordo Totalmente; **NC/ND** - Não Concordo Nem Discordo.

Constata-se a predominância de registos de opinião discordante relativamente a um único item, com valor de 42,1%. Este resultado não invalida os resultados de Concordância Total e Concordância, uma vez que estes, no conjunto, superam o valor de discordância. Relativamente à Discordância Total registaram-se valores baixos (5,3%) em apenas 4 itens. Os alunos que decidiram não concordar nem discordar ocorreram em todos os itens, variando entre 5,3% e 10,5% (1 ou 2 alunos, respetivamente).

As representações dos alunos sobre as aprendizagens desenvolvidas mostram que valorizam a metodologia implementada para a compreensão de conteúdos como o processo de osmose, a membrana plasmática e os processos de endocitose e exocitose.

No que concerne aos dados referentes às opiniões dos alunos sobre os contributos da atividade de aprendizagem focalizadas no desenvolvimento de competências, estes são apresentados no Quadro 15 e analisados a seguir. Esses dados foram recolhidos a partir de respostas dos alunos à primeira questão do questionário de opinião (Anexo 3).

No Quadro 15 são apresentadas frequências e percentagens em função das categorias Concordo Totalmente (CT), Concordo (C), Discordo (D), Discordo Totalmente (DT) e Não Concordo Nem Discordo (NC/ND), de acordo com o selecionado pelos alunos.

**Quadro 15:** Contributo da metodologia de ensino adotada no desenvolvimento de competências nos alunos (n=19).

Competências transversais A intervenção pedagógica contribui para o/a ...	CT		C		D		DT		NC/ND	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Desenvolver a capacidade de interpretação de gráficos/tabelas	3	15,8	10	52,6	5	26,3	1	5,3		
Desenvolver o raciocínio	2	10,5	8	42,1	4	21,1			5	26,3
Desenvolver a capacidade de formulação de hipóteses	2	10,5	8	42,1	4	21,1			5	26,3
Desenvolver a capacidade de formulação de conclusões	3	15,8	7	36,8	5	26,3	1	5,3	3	15,8
Valorizar o trabalho desenvolvido pelos cientistas	3	15,8	10	52,6	5	26,3			1	5,3
Valorizar o papel da ciência para a sociedade	8	42,1	9	47,4					2	10,5

**Legenda:** CT - Concordo Totalmente; C - Concordo; D - Discordo; DT - Discordo Totalmente; NC/ND - Não Concordo Nem Discordo.

A análise dos dados do Quadro 15 mostra, para todos os itens, uma tendência de opinião claramente centrada nos graus de Concordância Total e Concordância, com valores significativamente altos (até 52,6%). Constata-se que os registos de opinião discordante estão presentes na maioria dos itens (7 dos 8 itens), porém com valores baixos (entre 21,1% e 26,3%). Este resultado não invalida os resultados de Concordância Total e Concordância, uma vez que estes, no conjunto, superam sempre os valores de Discordância. Relativamente à Discordância total registaram-se valores baixos (5,3%) em apenas 2 itens. Os alunos que se decidiram não concordar nem discordar ocorreram em quase todos os itens, variando entre 5,3% e 26,3%.

Estes resultados mostram que os alunos valorizam a metodologia implementada para o desenvolvimento de competências transversais como a capacidade de interpretação de gráficos/tabelas, o raciocínio e a formulação de conclusões, assim como a valorização do trabalho desenvolvido pelos cientistas e do papel da ciência para a sociedade.

#### 4.4.2. Relevância da estratégia de ensino

A avaliação da estratégia dedicou-se, também, à identificação da relevância atribuída pelos alunos no decorrer da sua operacionalização. A perceção dos alunos sobre a relevância das atividades desenvolvidas no decorrer da intervenção pedagógica está patente no Quadro 16. Os dados resultam da análise das respostas dos alunos à segunda questão – *Que relevância atribuis a esta abordagem para a tua aprendizagem?* – do questionário de opinião (Anexo 3). Destacamos que, por ser possível a cada

aluno indicar mais do que uma razão para justificar a sua resposta, o somatório das frequências registadas no Quadro 16 é superior ao número total de alunos.

**Quadro 16:** Razões apontadas pelos alunos para a valorização '*relevante*', '*relevante e limitada*' e '*limitada*' atribuída à intervenção pedagógica (n=19).

Valorização	Razão	Alunos (f)
Relevante	Promoção da compreensão do processo de construção da Ciência	4
	Promoção da compreensão dos conhecimentos abordados	3
	Promoção da compreensão da ciência no quotidiano dos cidadãos	2
	Promoção da motivação e/ou atenção dos alunos	2
	Promoção da capacidade de raciocínio	2
	Promoção da capacidade de formulação de hipóteses	1
	Promoção da curiosidade acerca dos cientistas	1
Relevante e limitada	Elevado nível de organização das aulas	1
	Promoção da compreensão do processo de construção do conhecimento pelos cientistas	1
	Promoção da compreensão dos conhecimentos abordados	1
	Número excessivo de atividades de aprendizagem	1
	Exploração confusa	1
Limitada	Exploração confusa	2
	Exploração de assuntos irrelevantes	1
	Não justifica/ difícil categorização	2
Ausência de resposta		2

A maioria dos alunos atribui um valor *relevante* à metodologia de ensino aplicada, enquanto um número reduzido de alunos considera que a metodologia é *limitada* para a aprendizagem. Sendo que existe ainda uma minoria de alunos que, apesar de a considerarem relevante, apontam limitações.

A valorização *relevante* conferida, pelos alunos, à estratégia apoia-se em diversas razões, contudo, segundo o apresentado no Quadro 16, a promoção da compreensão do processo de construção da Ciência é a razão mencionada pela maioria dos alunos.

“Na minha opinião foi importante abordar as experiências dos cientistas, uma vez que foram os mesmo que começaram a ter uma opinião e conhecimento sobre as células e assim nos dias de hoje temos um conhecimento mais abrangente sobre o assunto.” A12

“Valorizar o método científico e a evolução da ciência ao longo dos anos.” A19

“Ajudou-me a compreender o que os cientistas antes de ter a certeza de algumas hipóteses que eles consideravam.” A07

A promoção da compreensão dos conhecimentos abordados também é uma razão mencionada por vários alunos.

“Consegui perceber melhor os resultados sabendo das experiências feitas.” A03

“Achei este modo de aprendizagem inovador e para além disso muito interessante, visto que nós intervimos e participamos e por isso ficamos mais atentos e consequentemente percebemos mais.” A15

A valorização *relevante* atribuída à estratégia aplicada é ainda suportada por outras razões que dizem respeito à promoção da compreensão da ciência no quotidiano dos cidadãos, promoção da motivação e/ou atenção dos alunos e promoção da capacidade de raciocínio. Assim, a ABI possibilita ao aluno conectar o conhecimento da sala de aula com aspetos do seu dia a dia, ampliando o seu interesse pelos conteúdos e permitindo-o pensar criticamente nos assuntos.

“Acho que o método de estudo que a professora utilizou foi essencial para podermos raciocinar, e foi muito importante pois levava-nos a pensar para além da pergunta.” A04

“É um método diferente e acho que nos cativa mais a atenção para estarmos concentrados.” A08

“Gostei muito deste método e ajudou-me a desenvolver a capacidade de raciocínio e formulação das hipóteses. Além disso, com esta abordagem ganhei curiosidade de aprender mais sobre os cientistas abordados nas aulas. Outro aspeto positivo foi, em alguns exercícios, vimos a relação da matéria que estamos a aprender com temas mais acessíveis (num exercício sobre a concentração dos meios falava sobre o facto de que o soro fisiológico dos hospitais teria de estar na concentração isotónica à do meio intracelular das hemácias e achei isso muito interessante).” A09

“Uma maior capacidade e conseguir inserir a matéria em situações do quotidiano.” A13

Para o valor *relevante e limitada* verificamos uma distribuição justa entre as razões relevantes e as limitações. Relativamente às razões relevantes, é reiterada a promoção da compreensão do processo de construção do conhecimento pelos cientistas e a promoção da compreensão dos conhecimentos abordados como razões pelos alunos, sendo também apontado o elevado nível de organização das aulas como aspetos relevantes da intervenção.

Relativamente às limitações, estão relacionadas com o número excessivo de atividades de aprendizagem e uma exploração confusa. Assim, os aspetos problemáticos apresentados pelos alunos permitem a reconhecimento de algumas desvantagens:

“Por um lado, eu acho que me ajudou a compreender melhor a importâncias, as dificuldades que foram passadas tanto pelos cientistas como pela ciência em si e também acho que muitas vezes ao estudar eu lembrava-me das experiências o que podia ajudar, mas por outro eu acho que às vezes só me confundia mais e pode ser de mim, mas apesar de eu perceber como chegaram lá não conseguiria perceber sozinha então ao estudar confundia-me.” A11

“Na minha opinião este método ajudou bastante o processo da minha aprendizagem, visto também que as aulas eram super bem organizadas e gostaria que o resto das matérias fossem dadas seguindo este método. Acho só que eram demasiadas fichas, visto que nós também temos outras disciplinas para nos dedicar.” A16

No que concerne ao valor *limitado* conferido, pelos alunos, à estratégia, relaciona-se sobretudo com a exploração confusa das atividades e a exploração de assuntos irrelevantes.

“Achei muito confusa.” A01

“Eu acho que esta abordagem não foi assim tão relevante, porque em testes ou exames acho que não precisamos de saber as hipóteses de diversos cientistas, por outro lado também podemos ter vários pontos de vista diferentes para o mesmo assunto.” A18

#### **4.4.3. Constrangimentos da estratégia de ensino**

A avaliação da intervenção pedagógica incidiu, por fim, na identificação de fatores de constrangimentos associados à sua operacionalização. A consecução deste objetivo deu-se através da análise das respostas dos alunos à terceira questão - *Sentiste dificuldades na execução das atividades implementadas durante as aulas? Justifica a tua resposta* – do questionário de opinião (Anexo 3).

Verificamos que um número reduzido de alunos, apenas cinco, transmite a perceção da ocorrência de dificuldades. Por outro lado, 12 alunos declaram não ter dificuldades relacionadas com a estratégia e dois alunos não responderam à questão.

As razões mencionadas para o nível de dificuldade sentido estão, globalmente, ligadas ao grau de complexidade encontrado em alguns tópicos da atividade de aprendizagem. Entre as respostas analisadas apresentamos os seguintes exemplos:

“Sim, achei as atividades demasiado complicadas” A01

“Mais ou menos, havia algumas atividades que não compreendia tão bem.” A02

“Talvez em algumas perguntas, mas quando senti pedi ajuda a professora e eliminei as dúvidas.” A06

A falta de familiaridade dos alunos com estratégias que promovam o pensamento crítico, por meio da exploração de problemas, dados, gráficos e figuras, para a construção de hipóteses e conclusões, culmina na confusão sentida pelos alunos quando contactam com práticas desta natureza. Porém, alguns alunos afirmam que foram capazes de superar as dificuldades ao expor as suas dúvidas à professora estagiária.

## **V – CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **Introdução**

O último capítulo deste relatório é composto por três secções. A primeira secção tem como enfoque a apresentação das principais conclusões do estudo resultantes da avaliação da estratégia de intervenção pedagógica implementada, obtidas em função dos objetivos de investigação definidos para este estudo. Na segunda secção são apresentadas algumas sugestões para a idealização e implementação de práticas pedagógicas futuras com natureza semelhante à descrita neste estudo. Na terceira secção são tecidas algumas considerações sobre as transformações ocorridas entre o *Eu* pessoal e o *Eu* profissional durante a idealização, conceção, implementação e avaliação da estratégia de intervenção pedagógica.

### **5.1. Conclusões do estudo**

As conclusões do presente estudo são expostas em consonância com os objetivos de investigação que orientaram a avaliação da intervenção pedagógica:

- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação no ensino da subunidade “Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos” na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade;
- Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos;
- Capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de Biologia e Geologia;
- Determinar fatores facilitadores e constrangimentos da aprendizagem baseada em investigação.

Os resultados da avaliação da intervenção pedagógica apontam para o contributo da ABI para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos na subunidade estudada, para o incremento da capacidade de resolução de problemas (concordantes com os propostos nos exames de Biologia e Geologia), e apontam também para a relevância da abordagem atribuída pelos alunos.

Os objetivos “Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação no ensino da subunidade ‘Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos’ na disciplina de Biologia e Geologia no 10.º ano de escolaridade” e “Capacitar os alunos para a resolução de problemas típicos de exame de Biologia e Geologia” foram avaliados a partir da análise dos resultados do questionário de pré-teste e pós-teste.

A partir dos resultados podemos concluir que a intervenção contribuiu para a (re)construção do conhecimento científico dos alunos nos tópicos *membrana plasmática, movimentos transmembranares e sistema endomembranar e digestão intracelular*. Tal afirmação é suportada pelo incremento expressivo de Respostas Corretas em todos os itens do pós-teste e da diminuição da frequência de Respostas Incorretas em todos os itens do pós-teste, apesar de apenas um item não apresentar respostas nesta categoria. Além disso, verificou-se, ao mesmo tempo, um aumento das Respostas Parcialmente Aceites e uma diminuição expressiva na categoria de Não Respondida para a maioria dos itens no questionário de pós-teste, existindo apenas em três itens.

Portanto, relativamente a estes dois objetivos podemos concluir que os resultados obtidos apoiam a utilização da ABI como uma estratégia de ensino que visa melhorar a aprendizagem dos alunos. Uma vez que o questionário de pré-teste e pós-teste foi construído a partir de exercícios típicos de exames, podemos, com veracidade, afirmar que a ABI é uma estratégia que capacita os alunos para a resolução de exercícios deste género. Deste modo, este estudo constitui uma proposta importante para promover o sucesso escolar destes alunos.

Ao fortalecermos a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia e Geologia, também promovemos a formação de cidadãos cientificamente cultos. Este estudo vem revelar dados marcantes acerca da Educação em Ciências. Segundo os dados obtidos, podemos concluir que a estratégia de ensino desenvolveu nos alunos: (a) competências de aplicação dos conhecimentos adquiridos em novos contextos e problemas, e o conhecimento e compreensão de conceitos, factos e princípios, e (b) a interpretação de informação, utilizando modelos teóricos que permitam atribuir sentido aos dados recolhidos, assim como a análise de informação e realização de inferências para formular hipóteses, conclusões e estabelecer relações entre variáveis apresentadas. Estas conclusões são suportadas pelo incremento das cotações obtidas nas dimensões *Aprender Ciências* e *Aprender a fazer Ciências* no questionário de pós-teste.

No que diz respeito ao objetivo “Analisar o papel da aprendizagem baseada em investigação na capacidade de resolução de problemas por parte dos alunos”, a sua consecução processou-se através da análise dos resultados do questionário de pré-teste e do pós-teste, segundo a dimensões do Processo Cognitivo e do Processo do Conhecimento da Taxonomia de Bloom.

Os resultados discutidos mostram que a estratégia é eficaz na promoção do Processo Cognitivo, uma vez que há uma evolução positiva nas dimensões do *Conhecimento*, da *Compreensão* e da *Análise*, no pós-teste. Deste modo, podemos concluir que, por intermédio da estratégia implementada, os alunos melhoraram: (a) a resolução de questões com o simples uso da memória, informações isoladas ou

conhecimentos específicos utilizados separadamente; (b) a compreensão dos conteúdos e os seus significados, e fazer uso destes em contextos diferentes determinados nas questões, cuja resolução não exija maior complexidade e (c) a capacidade de decompor o material nas suas partes constituintes e determinar como as partes se relacionam entre si, sendo capazes de classificar e relacionar pressupostos, hipóteses e evidências propostas nas questões.

Do mesmo modo, os resultados apontam para a eficácia da estratégia na promoção do Processo do Conhecimento, pois se verifica um aumento das cotações obtidas nas dimensões do *Conhecimento factual* e do *Conhecimento conceptual*, no pós-teste. Assim, podemos afirmar que a ABI contribuiu para: (a) a aquisição de saberes básicos como terminologia e detalhes específicos necessários para a resolução de problemas na subunidade estudada, e (b) o desenvolvimento de competências mais complexas, que implicam a assimilação do significado das informações, indo além da simples assimilação literal. Estes resultados demonstram, portanto, que a metodologia aplicada contribui para a aquisição de conhecimentos de princípios e generalizações, assim como de teorias e modelos.

Relativamente ao último objetivo “Determinar fatores facilitadores e constrangimentos da aprendizagem baseada em investigação”, a sua consecução processou-se através da análise das respostas ao questionário de opinião. As representações dos alunos sobre as aprendizagens desenvolvidas, mostram que valorizam a metodologia implementada para a compreensão de conteúdos como o processo de osmose, a membrana plasmática e os processos de endocitose e exocitose. Além disso, reconhecem o contributo para o desenvolvimento de competências transversais como: a capacidade de interpretação de gráficos/tabelas, o raciocínio e a formulação de conclusões, assim como a valorização do trabalho desenvolvido pelos cientistas e do papel da ciência para a sociedade.

Os dados analisados mostram que maioria dos alunos atribui uma valorização *relevante* ou *relevante e limitada* à estratégia aplicada, enquanto um número reduzido de alunos a considera *limitada*. A valorização *relevante* atribuída é justificada pelos alunos devido, entre outras razões, a promoção da compreensão do processo de construção da Ciência, a promoção da compreensão dos conhecimentos abordados, a promoção da compreensão da ciência no quotidiano dos cidadãos e a promoção da motivação e/ou atenção dos alunos.

Por fim, ainda referente aos dados do questionário de opinião, constatamos que um número reduzido de alunos aponta dificuldades associadas à estratégia. As razões apontadas pelos alunos para o grau de dificuldade sentido estão, globalmente, relacionadas com o grau de complexidade de alguns pontos da atividade de aprendizagem. A falta de familiaridade dos alunos com estratégias que promovam o pensamento crítico, por meio da exploração de problemas, dados, gráficos e figuras, para a construção

de hipóteses e conclusões, culmina na confusão sentida pelos alunos quando contactam com práticas desta natureza.

## **5.2. Sugestões para futuras investigações**

É evidente o sucesso que a aprendizagem baseada em investigação tem no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Biologia e Geologia. Apresentam-se, em seguida, algumas propostas que consideramos pertinentes para futuras investigações.

Em primeiro lugar, propomos a conceção de materiais didáticos que visem desenvolver competências científicas, isto é, que propiciem o desenvolvimento de competências relacionadas com a formulação de hipóteses, a interpretação de dados, discussão dos mesmos e formulações de conclusões. Os manuais escolares comumente adotados pelas escolas raramente apresentam propostas didáticas com estas características, os alunos estão habituados ao ensino tradicional, que não os incita à resolução de problemas, à investigação de dados e à discussão. Por isso, existe uma falta de familiaridade, tanto de professores como de alunos, com práticas mais desafiantes, como o caso da ABI. É necessário desenvolvimento de alternativas eficazes para uma aprendizagem mais significativa.

Em segundo lugar, propomos alargar o estudo aqui iniciado, aplicando a estratégia utilizada a outros conteúdos da disciplina e em outros níveis de ensino.

E em terceiro lugar, propõe-se um estudo voltado para a importância atribuída pelos professores de Biologia e Geologia à ABI para o desenvolvimento de competências do conhecimento substantivo e também competências transversais.

## **5.3. Do *Eu* pessoal ao *Eu* profissional: um processo de transformação**

As experiências educativas que vivenciei, enquanto aluna, com início no 1.º Ciclo do Ensino Básico, até ao término da Licenciatura em Biologia e Geologia, fui implícita e explicitamente construindo um *Eu* pessoal que não era compatível com o *Eu* profissional que hoje começo a formar. O meu *Eu* pessoal, foi construído pelas vivências escolares e abarcava perceções de uma aluna que via nos professores mestres em áreas específicas e que via a Escola como um local de aprendizagem formatada para determinadas profissões. Contudo, foi a frequência no Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário que iniciou a transformação do *Eu* pessoal, modificando visões,

eliminando preconceitos e clarificando dimensões da profissão docente, para dar origem a um *Eu* profissional mais sólido e confiante.

Este ano letivo foi atípico e desafiante, iniciou com a expectativa de contactar com a vida em Escola, com a observação de aulas, a lecionação em turmas reais e de uma aprendizagem mais prática. Porém, pelo contexto de pandemia em que ainda nos encontramos, o *Estágio Profissional* acabou por prever e vivenciar várias mudanças na vida escolar e, com isto, a minha atuação enquanto professora estagiária foi condicionada em tempos e espaços.

Ao longo deste ano, descobri que estando numa sala de aula ou atrás de um ecrã de computador, a forma como crio interação com a assistência tem o poder para cativar interesses, fortalecer saberes e transmitir ensinamentos, mas também tem o poder para impressionar e marcar positiva ou negativamente. Em suma, fiquei mais ciente de que enquanto leciono, sou alvo de avaliação constante, de julgamento pela minha postura, pelas minhas palavras e pelas estratégias que implemento. Isto transformou o meu *Eu* profissional na medida em que defini, para mim, critérios que me ajudarão a estar atenta e ser cumpridora de princípios profissionais e éticos.

Relativamente às minhas conceções do que é ensinar e aprender, também registei transformações consideráveis, uma vez que, antes de ingressar no Mestrado, estes eram conceitos que faziam parte do quotidiano, porém sem muito significado. Hoje, depois das experiências que vivi no *Estágio*, o meu *Eu* profissional consegue afirmar que Ensinar relaciona-se com o conhecimento, com o processo de desenvolvimento da aprendizagem de alguém (um aluno, um colega, alguém que queremos instruir sobre algo), é um verbo que coloca a ação nas mãos de um instrutor, de um professor e das pessoas que fazem parte do universo do aluno. Porém, Ensinar vai além do conhecimento, pode incluir a instrução de valores, comportamentos ou tradições. Os métodos tradicionais remetem muito para a memorização de conceitos pelos alunos. Por outro lado, o que temos vindo a presenciar é uma mudança de paradigmas, em que o Ensino hoje visa envolver os alunos e fazê-los participar ativamente na construção da sua aprendizagem. Hoje compreendo que o grande objetivo do ensinar é disponibilizar o que aprender, portanto, o ensino é impulsionador da aprendizagem.

Da mesma forma, a minha conceção de Aprender passou a ser a de um processo de construção de conhecimentos, comportamentos, habilidades ou valores. É um verbo em que a ação está nas mãos de quem precisa ou quer adquirir conhecimento. Quer isto dizer que (a) o processo vai além do momento em que existe alguém que ensina pois, é possível aprender pela exploração de recursos como livros, filmes, bandas desenhadas, jogos, músicas, redes sociais e *Internet* em geral, e por relações estabelecidas em diferentes contextos em que o objetivo não seja ensinar, e (b) quem ensina também

aprende, porque os envolvidos nos processos podem realizar as ações em simultâneo. Apesar de um professor (ou um outro profissional da educação) se ter especializado em uma certa área e ter aprendido a desenvolver estratégias de ensino, quando passa à prática em sala de aula também vai aprender a identificar quais métodos funcionam melhor, aprende a lidar com diferentes contextos e aperfeiçoa as suas técnicas e os seus próprios conhecimentos. E assim o aluno passa a fazer parte da aprendizagem do professor.

Portanto, entre as transformações mais importantes que sofri está o entendimento de que Ensinar e Aprender fazem profundamente parte do universo conceptual da Educação. Onde a educação é um processo complexo e multidimensional, que sugere uma construção dinâmica, uma modificação do indivíduo ao longo do tempo. Por isso, não se pode Educar sem, ao mesmo tempo, Ensinar e Aprender.

Outra grande mudança que ocorreu nas minhas conceções foi relativa à avaliação das aprendizagens. Aprendi durante o primeiro ano do Mestrado que a avaliação deve ser composta por componentes formativa e sumativa, para que seja transversal às competências que queremos desenvolver nos alunos, e para que seja justa e equilibrada. Mas o Ensino à Distância veio transformar a avaliação, veio para levantar dúvidas sobre diferentes estratégias pedagógicas e instrumentos de avaliação. Aprendi que um professor tem sempre a necessidade de experimentar diversas formas de avaliar e deve explorar e descobrir ferramentas que permitam avaliar em diferentes contextos.

Na mesma linha temática, eu não tinha noção do quão complexo pode ser o processo de construção de instrumentos de avaliação, até chegar ao 2.º ano do Mestrado, nas aprendizagens que efetuei com a minha orientadora de estágio. Confesso que nunca refleti seriamente sobre quais os aspetos a serem considerados para a construção de um teste sumativo, mas ao longo deste ano, foram criadas condições para que nós, professoras estagiárias, acompanhássemos o processo. Assim, aprendemos: (a) a selecionar bons textos científicos com imagens e tabelas de resultados pertinentes a serem explorados em testes; (b) compreender e utilizar a Taxonomia de Bloom para a construção de questões que englobem diferentes níveis do Processo Cognitivo e do Processo do Conhecimento; (c) construir diferentes tipos de questões, tendo em consideração o tempo necessário para a sua resolução e a semelhança com a estrutura das provas de exames nacionais; (d) distribuir corretamente cotações pelas questões e pelos tópicos pretendidos nas questões de construção e (e) criar diferentes tipos de grelhas que ajudam o processo de construção e de correção de instrumentos de avaliação. Estes aspetos fizeram parte da aprendizagem desenvolvida ao longo do ano, em vários momentos de avaliação e contribuíram para a preparação dos instrumentos de recolha de dados da presente intervenção pedagógica, nomeadamente o questionário de pré-teste e pós-teste.

Termino referindo uma transformação que acredito ser essencial, e que marca a diferença na vida de qualquer professor, a capacidade de trabalho em grupo. Logo que iniciei o Mestrado, encontrei naturalmente um grupo de colegas no qual vim a desenvolver todos os trabalhos em grupo das diferentes Unidades Curriculares. Acredito que o sentimento de entreaajuda e companheirismo foram determinantes no decorrer destes dois anos de curso e revelaram-se importantes nas fases de maior afluência de trabalhos, ou mesmo para lidar com os nossos contextos pessoais. Em resultado dessas boas relações, iniciou-se uma cooperação para construção de recursos e instrumentos passíveis de serem utilizados no nosso futuro profissional. Sempre existiram respeito e valorização pelas competências dos diferentes membros, reconhecendo-se os valiosos contributos de cada elemento.

Acredito que esta postura de trabalho é a que quero assumir em todos os grupos disciplinares dos quais farei parte, porque ser professor também é saber ser parte de um grupo unido e cooperante. Viver a vida em Escola é também saber ser membro de uma comunidade que trabalha unida em prol da aprendizagem de gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). *Inquiry in Science Education: International Perspectives*. Science Education, 88(3), 397-419.
- Airasian P. W. & Abrams, L. M. (2003). Classroom Student Evaluation. In T. Kellaghan & D. Stufflebeam (Eds.), *International Handbook of Educational Evaluation*. Dordrecht, Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 533 - 548.
- Alarcão, I. (1996). "Ser professor reflexivo". In Alarcão, I. (Org.). *Formação reflexiva de professores – estratégias de supervisão*. Porto: Porto Editora, 171-189.
- Alarcão, I. (Org.), (2013). *Formação reflexiva de professores: estratégias de supervisão*. Porto: Porto Editora.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular biology of the cell*, 6<sup>th</sup> Ed. New York: Garland Science.
- American Association for the Advancement of Science. (1993-2009). Acedido em outubro de 2020. Disponível em: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Anderson, L.W. (Ed.), Krathwohl, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Anderson, R. D. (2002). *Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry*. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 1-12.
- Azevedo, M. N. (2008). *Pesquisa-ação e atividades investigativas na aprendizagem da docência em Ciências*. Dissertação Mestrado em Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Azevedo, M. N. (2013). *Mediação discursiva em aulas de Ciências, motivos e sentidos no desenvolvimento profissional docente*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). *The Many Levels of Inquiry*. Science and Children, 26-29.
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bayram, Z., Oskay, Ö., Erdem, E., Özgür, S. & Şen, Ş. (2013). *Effect of Inquiry based Learning Method on Students' Motivation*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 106, 988–996.

- Benetti, B. & Ramos, E. M. (2013). *Atividades experimentais no Ensino de Ciências no nível Fundamental: perspectivas de professoras dos Anos Iniciais*. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (IX ENPEC). Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil.
- Black, P. J. (1998). *Testing, friend or foe? the theory and practice of assessment and testing*. Psychology Press.
- Bonwell, C. C. & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Reports. Washington: ERIC Publications.
- BSCS. (2006). *BSCS Biology: A Molecular Approach*. Columbus: Glencoe/McGrall-Hill Companies, Inc.
- Bybee, R. & DeBoer, G. (1994). Research on goal for the science curriculum. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 357-387.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrell, & E. van Zee (Eds.), *Inquiry into inquiry learning and teaching in science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 20-46.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências* (1ª ed.). Lisboa: Ministério da Educação.
- Carvalho, A. M. P. & Gil-Perez, D. (1993). *Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora.
- Carvalho, A. M. P. (1997). *Ciências no Ensino Fundamental*. Caderno de Pesquisa, (110), 153-168.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Em: A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 1-20.
- Colburn, A. (2000). *An Inquiry Primer*. Science Scope, 23(6), 42-44.
- Colombo Junior, P. D., Lourenço, A. B., Sasseron, L. H. & Carvalho, A. M. P. (2012). *Ensino de Física nos Anos Iniciais: Análise da argumentação na resolução de uma "atividade de conhecimento físico"*. Investigações em Ensino de Ciências, 17(2), 489-507.
- Cooper, G. & Hausman, R. (2007). *The Cell: A Molecular Approach*. Sinauer Associates, Inc., Washington.
- Coutinho, C. P. (2019). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Coimbra: Edições Almedina
- Cunningham, G. K. (1998). *Assessment in the classroom: Constructing and interpreting tests*. London: Falmer
- De Robertis, E. & Hib, J. (2012). *De Robertis - Biologia Celular e Molecular*. Argentina: Hipocrático

- DeBoer, G. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in school. In L. Flick, & N. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Springer, 17-35.
- Dewey, J. (1997). *How We Think*. New York: Courier Corporation.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proceedings for the National Academy of Sciences of the United States of America, 8410-8415.
- Freire, A. M. (1993). *Um olhar sobre o ensino da Física nos últimos cinquenta anos*. Revista de Educação, III (1), 37-49.
- Freire, A. M. (2009). *Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação*. Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências, Castelo Branco
- Freire, P. (2000). *Pedagogy of the Oppressed: 30th Anniversary Edition*. Bloomsbury Academic.
- Freire, S., Faria, C., Galvão, C. and Reis, P. (2013). *New Curricular Material for Science Classes: How Do Students Evaluate It?*, Research in Science Teaching, 43, 163- 178.
- Gabini, W. S. & Diniz, R. E. S. (2012). *Formação docente e o ensino de ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: O foco na escola*. Atas Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino (XVI ENDIPE). São Paulo. Campinas: UNICAMP, Brasil.
- Gall, M., Gall, J., & Borg, W. (2003). *Educational Research: An introduction* (7<sup>a</sup> ed.). USA: Arnis E. Burvikovs.
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A. M., & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências*. Lisboa: Edições ASA.
- Gil-Perez, D. (1996). *New trends in science education*. International Journal of Science Education, 18(8), 889-901. Acedido em outubro de 2020. Disponível em: [www.siga.fiocruz.br/arquivos/ss/documentos/editais/21\\_Texto%20Gil%20Perez%20new%20trends%20in%20science%20education%20IJSE%201996.pdf](http://www.siga.fiocruz.br/arquivos/ss/documentos/editais/21_Texto%20Gil%20Perez%20new%20trends%20in%20science%20education%20IJSE%201996.pdf)
- Godoy, A. V., Segrra, C. I. & Mauro, M. F. (2014). *Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar*. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, Cádiz, 11(3), 381-397.
- Gómez, G., Flores, J. & Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe
- Gómez-Martínez, Y., Carvalho, A. M. P. & Sasserón, L. H. (2015). *Catalizar la Alfabetización Científica. Una vía desde la articulación entre Enseñanza por Investigación y Argumentación Científica*. Revista de Enseñanza de La Física, Córdoba, 27(2), 19-27.

- Gouw, A. M. S., Franzolin, F. & Fejes, M. E. (2013). *Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de Ciências*. Ciência & Educação, Bauru, 19(2), 439-454.
- Harlen, W. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Association for Science Education.
- Harlen, W. (2015). *Inquiry-Based Learning in Science: assessment and content implications*. Saarbrücken, Germany: LAMBERT Academic Publishing.
- Harlen, W., & Allende, J. (2006). *IAP Report of the Working Group on the International Collaboration in the Evaluation of IBSE programs*. Fundación para Estudios Biomédicos Avanzados, Facultad de Medicina, University of Chile.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science*. Buckingham: Open University Press.
- Hodson, D. (2003). *Time for Action: Science Education for an Alternative Future*. International Journal of Science Education, 25, 645-670.
- Hodson, D. (2006). *Why we should prioritize learning about science*. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 6(3), 293-311.
- Hodson, D. (2014). *Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods*. International Journal of Science Education, 36 (15), 2534-2553.
- Hofstein, A. & Lluñeta, V. N. (2004). *The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century*. Science Education. 88(1), 28–54.
- Jiménez Raya, M., Lamb, T. & Vieira, F. (2007). *Pedagogia Para a Autonomia na Educação em Línguas na Europa: para um quadro de referência do desenvolvimento do aluno e do professor*. Dublin: Authentik.
- Jonnaert, P. (2012). *Competências e Socioconstrutivismo. Um quadro teórico*. Lisboa: Instituto Piaget. Edição Original: 2009
- Kim, M., Tan, A. L. & Talalue, F. T. (2013). *New Vision and Challenges in Inquiry-Based Curriculum Change in Singapore*, International Journal of Science Education, 35(2), 289-311.
- Klinckman, E. (Ed.) (1976). *Biology Teachers' Handbook*. (Tradução de A. Lopes, A. Faria, G. Ferreira, S. Fonseca e Silva, L. Cortesão e Z. Carvalho). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Lamonato, M. & Passos, C. L. B. (2012). *Siga os exemplos dos alunos: aprendizagens em aulas exploratório-investigativas no 4º ano do ensino fundamental*. São Carlos: Revista Eletrônica de Educação, 6(1), 243-265.

- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). *Meta-analysis of Inquiry-Based Learning: effects of guidance*. Review of Educational Research, 20(10), 1-38.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In ME (Eds.), *Cadernos didáticos de ciências*, 1. Lisboa: Ministério da Educação (DES).
- Lima, J., & Freitas, M. (1987). *Biologia: o estudo da vida: 10.º ano de escolaridade*. 3ª ed. Porto: Edições Asa.
- Lima, M. E. C. C., David, M. A. & Magalhães, W. F. (2008). *Ensinar Ciências por Investigação: Um Desafio para os Formadores*. Química nova na escola, (29), 24-29.
- Lopes, J. Siva, H., Dominguez, C. & Nascimento M. (2019). *Educar para o Pensamento Crítico na Sala de Aula. Planificação, Estratégias e Avaliação*. Lisboa: Pactor.
- Lopes, T. & Precioso, J. (2016). *Causas do insucesso escolar na disciplina de Biologia e Geologia do Ensino Secundário em Portugal e vias para o prevenir: um estudo efetuado com professores*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 15(1), 1-23.
- Lopes, T. (2020). *Insucesso Escolar na disciplina e no exame de Biologia e Geologia e fatores associados*. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho.
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Fraser, B., & Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 249-264.
- Machado, V. F. & Sasseron, L. H. (2012). *As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 12(2), 29-44.
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Camilo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, M., Nery, R. & Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação, Direção-Geral da Educação.
- Martins, I. P. (2003). *Literacia científica e contributos do ensino formal para a compreensão pública da ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- McMillan, J. & Schumacher, S. (2010). *Research in education: evidence – based inquiry*. Boston: Pearson Education
- Millar, R. (2002). Towards a science curriculum for public understanding. In S. Amos & R. Boohan, *Teaching Science in secondary schools*. London: RoutledgeFalmer, 113-127.
- Ministério da Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais – Biologia e Geologia*. DGE – Direção-Geral de Educação.

- 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.
- Minstrell, J. & Van Zee, E. H. (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Moutinho, S., Torres, J., & Vasconcelos, C. (2014). *Aprendizagem baseada em problemas e ensino expositivo: um estudo comparativo*. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, 4(01), 15-31.
- Munford, D. & Lima, M. E. (2007). *Ensinar Ciências por investigação: O que estamos de acordo? Ensaio*. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 72-89.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- Neves, A. & Ferreira, A. (2015). *Avaliar é preciso? Guia prático para professores e formadores*. Lisboa: Guerra e Paz.
- Novais, A. (2015). *O Ensino da Biologia com recurso a Atividades de Campo e laboratoriais: uma intervenção centrada no tema "Diversidade na Biosfera"*. Relatório de Estágio. Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Oliveira, O., Ribeiro, E. & Silva, J. (2007). *Desafios 10, Vol. 2*. Biologia e Geologia. Edições ASA.
- Oliveira, S. (2014). *As potencialidades pedagógicas da WebQuest no ensino e aprendizagem da Geologia: um estudo com alunos do 11.º ano no tema "Principais etapas de formação das rochas sedimentares"*. Relatório de Estágio. Universidade do Minho.
- Olson, S. & Loucks-Horsley, S. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington DC: National Academy Press.
- ORBIT: The Open Resource Bank for Interactive Teaching. (2021). Acedido em novembro de 2020. Disponível em [oer.educ.cam.ac.uk/wiki/Teaching\\_Approaches/Inquiry](http://oer.educ.cam.ac.uk/wiki/Teaching_Approaches/Inquiry)
- Pérez, D. (1993). *Contribución de la história e de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación*. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Perrenoud, P. (1999). *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artes Médicas, Tradução de Bruno Charles Magne.
- Popham, W. J. (2018). *Classroom assessment: What teachers need to know* (8th ed.). New York, NY: Pearson.

- Raven, P., Johnson, G., Mason, K., Losos, J. & Singer, S. (2017). *Biology*. 11ª Edição. Graw-Hill Higher Education.
- Rodríguez, J. J. G. & León, P. C. (1995). *¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación*. *Investigación en la escuela*, (25), 5-16.
- Russell, M. K. & Airasian, P. W. (2011). *Classroom assessment: Concepts and applications* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- 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.
- Santana, R., Capecchi, M. & Franzolin, F. (2018). *O ensino de ciências por investigação nos anos iniciais: possibilidades na implementação de atividades investigativas*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 686-710.
- Santos, M. E. (2005). *Que Educação?* Lisboa: Santos-Edu.
- Santos, M. E. (2014). *Que Escola? Que educação? Para que cidadania? Em que escola?* Alcochete: Alfarroba.
- Sousa, A. (2005). *Investigação em Educação*. Livros Horizonte.
- Torres Salas, M. I. (2010). *La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas*. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 131-142.
- Valente, M. O. (1978). *Projecto de Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
- Vasconcelos, C. & Almeida, A. (2012). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências: Propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geologia*, Porto: Porto Editora.
- Vasconcelos, C. (2012). *Teaching Environmental Education through PBL: Evaluation of a Teaching Intervention Program*. *Research in Science Education*, 42 (2), 219–232.
- Veloo, A., Perumal, S. & Vikneswary, R. (2013). *Inquiry-based instruction, students' attitudes and teachers' support towards science achievement in rural primary schools*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93(2013), 65–69.
- Vieira, F. (2010). *Formação reflexiva de professores e pedagogia para a autonomia: Para a constituição de um quadro ético e conceptual da supervisão*. In F. Vieira, M. A. Moreira, I. Barbosa, M. Paiva, & I. S. Fernandes (Eds.), *No caleidoscópio da supervisão: Imagens da formação e da pedagogia* (2.ª ed.). Mangualde: Edições Pedago, 15-45.

- Vieira, F. (2014). Pedagogia, Formação e Investigação. In F. Vieira (Org.), *Quando os professores investigam a pedagogia. Em busca de uma educação mais democrática*. Ramada: Edições Pedago, 11-57.
- Vieira, F. (2019). *Estágio Profissional – Dossiê de Orientações Gerais*. Braga: Universidade do Minho.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*. The MIT Press; revised edition.
- Wheeler, G. F. (2000). The Three Faces of Inquiry. In J. Minstrell e E. Van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington: American Association for the Advancement of Science, 14-19.
- Zeichner, K. (1993). *A formação reflexiva de professores: ideias e práticas*. Lisboa: Educa.
- Zômpero, A. F. & Laburú, C. E. (2011). *Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens*. Revista Ensaio, Belo Horizonte, 13(3), 67-80.
- Zômpero, A. F., Figueiredo, H. R. S. & Mello, K. C. (2013). *Diferenciação e reconciliação de significados produzidos por alunos dos Anos Iniciais em atividades investigativas: uma abordagem ausubeliana*. Experiências em ensino de ciências, 8(2), 116-125.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 – Questionário de pré-teste e pós-teste**

Nome: \_\_\_\_\_ Nº: \_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

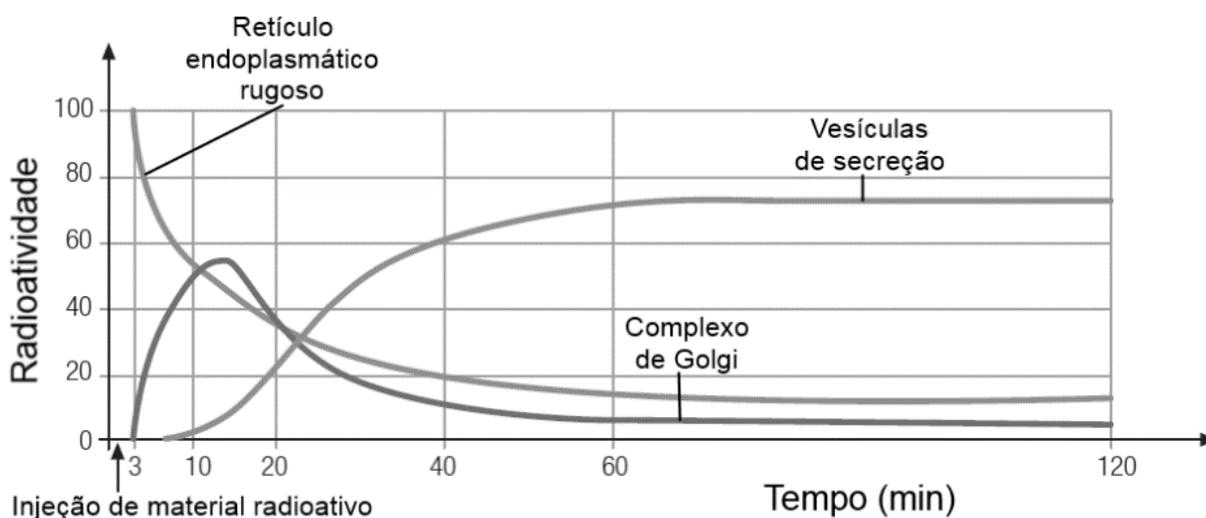
**1.** Lê atentamente o texto abaixo.

Em 1974, George Palade, um biólogo celular foi agraciado com o prémio Nobel da Medicina pela descoberta, em 1955, dos ribossomas e as suas implicações na síntese e transporte de proteínas na célula. George Palade usou tecido vivo do pâncreas, cujas células secretam elevadas quantidades de enzimas digestivas.

Na experiência que realizou, as células estavam a sintetizar de forma normal as suas proteínas. George Palade adicionou ao meio de cultura grandes quantidades de leucina (aminoácido) marcada radioativamente. Este aminoácido passou a ser incorporado nas novas proteínas sintetizadas.

Após alguns minutos, o meio de cultura é removido e adicionado um novo meio de cultura com leucina não radioativa. Desta forma, é possível seguir o percurso das proteínas marcadas anteriormente com a leucina radioativa, detetando-se a presença de radioatividade na célula.

As células foram retiradas do meio de cultura em intervalos de tempo definidos ao longo de duas horas. Depois, foram fixadas para observação ao microscópio eletrónico para permitir a localização da radioatividade ao longo do tempo. Os resultados encontram-se no gráfico da figura 1.



**Figura 1** – Resultados experimentais obtidos por Palade, em 1955.

**1.1.** Selecciona a opção que classifica corretamente as afirmações seguintes, de acordo com os dados apresentados.

1. A experiência de Palade permitiu determinar uma das funções do retículo endoplasmático.
2. No início a radioatividade estava concentrada no complexo de Golgi.
3. Os dados permitem concluir que as proteínas podem ser sintetizadas no retículo endoplasmático, sendo depois encaminhadas para o complexo de Golgi, seguindo-se as vesículas de secreção, até serem libertadas no espaço extracelular.

- (A) 2 e 3 são verdadeiras; 1 é falsa
- (B) 2 e 1 são verdadeiras; 3 é falsa
- (C) 1 e 3 são verdadeiras; 2 é falsa
- (D) 1 e 2 são verdadeiras; 3 é falsa

**1.2.** Selecciona a opção que torna verdadeira a afirmação seguinte.

Segundo os resultados apresentados, a partir dos 60 minutos, na célula dar-se-ia o processo de \_\_\_\_\_, uma vez que há formação de \_\_\_\_\_.

- (A) Endocitose (...) Vesículas de secreção
- (B) Exocitose (...) Vesículas de secreção
- (C) Exocitose (...) Lisossomas
- (D) Endocitose (...) Lisossomas

**1.3.** Selecciona a opção que torna verdadeira a afirmação seguinte.

Segundo o modelo do mosaico fluido, as membranas plasmáticas \_\_\_\_\_.

- (A) ... são constituídas por uma bicamada de fosfolípidos com diversas proteínas associadas e glícidos, em que os diferentes compostos se movimentam na membrana.
- (B) ... apresentam uma camada de fosfolípidos com as proteínas localizadas apenas numa das faces da membrana.
- (C) ... são formadas por fosfolípidos que se mantêm estáticos e uma quantidade reduzida de proteínas que é capaz de se deslocar na membrana.
- (D) ... são formadas por uma bicamada de proteínas com diversos lípidos associados e glícidos, em que os diferentes compostos se movimentam na membrana.

**1.4.** A investigação apresentada permitiu concluir que o trajeto efetuado pela leucina radioativa. Explica este percurso, tendo em conta as funções dos diferentes organelos envolvidos e os dados do gráfico.

**2.** Ordena as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com um processo de digestão intracelular.

- A. Formação de um vacúolo digestivo.
- B. Transporte de macromoléculas por endocitose.
- C. Fusão de vesícula exocítica com a membrana celular.
- D. Transporte de nutrientes simples para o hialoplasma.
- E. Fusão de um lisossoma com uma vesícula endocítica.

**3.** Ao delimitar os conteúdos celulares, a membrana plasmática garante o controlo das trocas de solutos, através de diferentes processos. Explica de que modo o processo de transporte ativo contribui para a manutenção do equilíbrio interno da célula.

**4.** Faz corresponder cada uma das afirmações que constam da coluna A ao respetivo processo de transporte membranar expresso na coluna B. Utiliza cada letra e cada número apenas uma vez.

<b>COLUNA A</b>	<b>COLUNA B</b>
(a) A velocidade de movimento dos solutos é diretamente proporcional ao gradiente de concentrações, independentemente da sua concentração. (b) A água movimenta-se de um meio hipotónico para um meio hipertónico. (c) O movimento do soluto realiza-se através de permeases a favor do gradiente de concentração.	(1) Transporte ativo (2) Difusão simples (3) Difusão facilitada (4) Osmose (5) Pinocitose

5. Selecciona a opção que torna verdadeira a afirmação seguinte.

O transporte de iões sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) através da membrana celular contra o gradiente de concentração \_\_\_\_\_ o consumo de energia e contribui para um \_\_\_\_\_ das concentrações.

- (A) implica (...) equilíbrio
- (B) não implica (...) equilíbrio
- (C) não implica (...) desequilíbrio
- (D) implica (...) desequilíbrio

6. A diversidade das estratégias utilizadas pelos seres heterotróficos para obter matéria são resultado de milhões de anos de evolução e especialização, em função das modificações que o meio foi sofrendo. Tendo em conta esta evolução dos sistemas digestivos, explica como terá sido o mecanismo mais primitivo de ingestão de alimentos.

7. Após uma refeição rica em hidratos de carbono, os níveis de glucose no sangue aumentam. Todavia, estes níveis altos podem ser tóxicos, pelo que excesso de glucose é retirado da circulação sanguínea, através das células do tecido cardíaco e do tecido muscular.

Estas células possuem um transportador transmembranar que está presente em membranas de vesículas do sistema endomembranar. Quando os níveis de glucose no sangue aumentam, a insulina libertada pelo pâncreas na corrente sanguínea atinge estas células, provocando a fusão dessas vesículas com a membrana celular. O transportador de glucose leva-as para o interior da célula, onde são convertidas num polissacarídeo.

Em indivíduos com diabetes do tipo I, o pâncreas do organismo não liberta insulina suficiente para o sistema sanguíneo.

Tendo em conta o processo apresentado, explica por que razão uma mutação no retículo endoplasmático, em células pancreáticas, pode culminar no aparecimento da doença de diabetes.

Bom trabalho!  
A Professora Estagiária  
*Glennnda Jorge Pinheiro*

### **COTAÇÕES**

<b>Questão</b>	1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5	6	7	<b>Total</b>
<b>Cotação</b>	7	7	7	16	10	8	7	7	15	16	<b>100</b>

**Anexo 2 - Atividade de aprendizagem “Obtenção da matéria pelos seres heterotróficos”**

**Atividade de aprendizagem**  
**“Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos”**

**PONTO 1**

Em 1855, Nageli (Fig.1) e Cramer verificaram que a célula possuía, a separá-la do meio externo, uma membrana, para a qual sugeriram o nome de Membrana Plasmática. Esta membrana permite uma estreita inter-relação entre os meios intra e extracelular. Tal inter-relação tem as suas manifestações mais importantes na entrada e na saída de substâncias através da membrana plasmática.



**Fig. 1.** Carl Wilhelm von Nägeli (1817 –1891)

- Mas, quais as leis que regem a entrada e saída de substâncias através da membrana plasmática?
- Qual a relação entre a passagem de substâncias através da membrana e a constituição química e estrutural desta?

**Atividade laboratorial**

**Problema:** Qual a influência da concentração do meio extracelular no comportamento de células?

Prevê qual a influência do meio extracelular nas células se este:

- for mais concentrado que o meio intracelular.
- tiver igual concentração ao meio intracelular.
- for menos concentrado que o meio intracelular.

**Materiais necessários:**

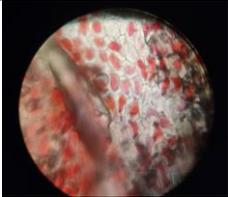
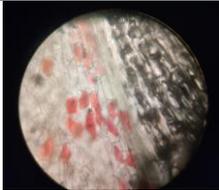
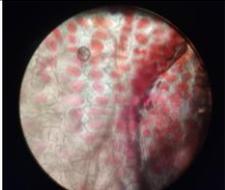
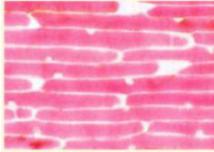
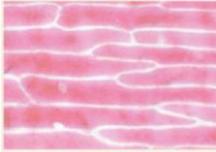
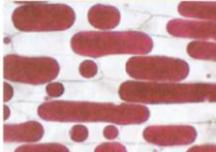
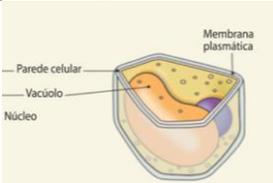
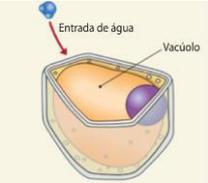
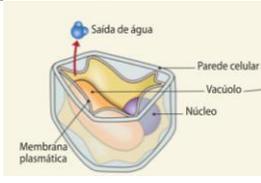
<b>Material</b>	<b>Quantidades</b>	<b>Material</b>	<b>Quantidades</b>
Lâminas	3	Bisturi	1
Lamelas	3	Marcador	1
Papel de filtro	3	Água destilada	50 ml
Microscópio ótico	1	Solução de cloreto de sódio a 0,9%	50 ml
Conta-gotas	3	Solução de cloreto de sódio a 12%	50 ml
Pinça	1	Pétalas de flores	3

**Procedimentos:**

1. Utilizando a pinça, destacar três fragmentos da epiderme superior das pétalas.
2. Montar um fragmento numa gota de solução de cloreto de sódio a 0,9%, entre lâmina e lamela.
3. Marcar a lâmina com a letra A.
4. Montar um fragmento numa gota de água destilada, entre lâmina e lamela.

5. Marcar a lâmina com a letra B.
6. Montar um fragmento numa gota de solução de cloreto de sódio a 12%, entre lâmina e lamela.
7. Marcar a lâmina com a letra C.
8. Observar as três preparações ao microscópio
9. Esquematizar as suas observações
10. Legendar os esquemas efetuados.
11. Colocar uma ou duas gotas de água destilada sobre a lâmina C, junto a um dos bordos laterais da lamela.
12. Do lado oposto, com papel de filtro, absorver o líquido de montagem, de modo a substituir a solução de cloreto de sódio por água destilada.
13. Observar durante alguns minutos.
14. Registar alterações observadas.

### Resultados:

	<b>A</b> Solução de cloreto de sódio a 0,9%	<b>B</b> Água destilada	<b>C</b> Solução de cloreto de sódio a 12%
<b>Resultados obtidos</b>	 <b>Figura 2.1</b>	 <b>Figura 2.2</b>	 <b>Figura 2.3</b>
<b>Resultados esperados</b>	 <b>Figura 3.1</b>	 <b>Figura 3.2</b>	 <b>Figura 3.3</b>
<b>Esquemas representativos</b>	 <b>Figura 4.1</b>	 <b>Figura 4.2</b>	 <b>Figura 4.3</b>

### Discussão:

1. Considerando que a cor de algumas pétalas é devida à presença de certos pigmentos dispersos no fluido vacuolar, como interpretas as diferenças entre B e C?
2. Explica as alterações observadas em 11.
3. Compara as tuas previsões com os resultados obtidos.

## PONTO 2

A experiência realizada no Ponto 1 evidencia a ocorrência de fenômenos de osmose (e, eventualmente, difusão) através da membrana plasmática. Analise agora, atentamente, o quadro onde se regista parte da composição quantitativa (numa determinada unidade de medida) dos meios extra e intracelular de uma célula humana. Numa situação de equilíbrio. Nota: a pressão osmótica é, em ambos os meios, de 5430 unidades.

COMPOSIÇÃO	Concentrações em Meio Extracelular	Concentrações em Meio Intracelular
Na <sup>+</sup>	137	10
K <sup>+</sup>	4,7	140
Ca <sup>2+</sup>	2,4	0
Mg <sup>2+</sup>	1,4	31
Cl <sup>-</sup>	112,7	4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2	11
Moléculas de ureia	4	4

**1.** Com base na análise atenta do quadro, e tendo em conta todos os dados que possui até este momento, procure justificar em que medida se pode considerar que:

**1.1.** os valores expressos no quadro não podem ser explicados somente com base em fenômenos de osmose;

**1.2.** a membrana plasmática apresenta permeabilidade seletiva.

## PONTO 3

Overton (Fig. 5), em 1899, trabalhando com uma alga unicelular – *Chara* –, descobria que as substâncias lipossolúveis entravam para a célula muito mais facilmente do que as substâncias hidrossolúveis. Esta dedução baseou-se no facto de, quanto mais lipossolúvel for uma substância, maior é a sua velocidade de penetração na célula.



**Fig. 5.** Charles Ernest Overton (1865 -1933)

**1.** Procure indicar em que medida os resultados obtidos por Overton:

**1.1.** vieram fornecer dados relativamente à composição química da membrana plasmática;

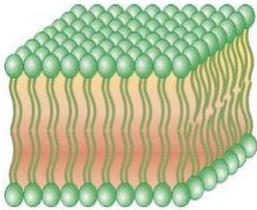
**1.2.** apoiam a ideia sobre a função da membrana plasmática.

#### PONTO 4

Em 1925, os cientistas E. Gorter (Fig. 6) e F. Grendel verificaram que a membrana plasmática possui uma boa coesão estrutural, uma vez que é constituída por fosfolípidos.

Visto que os lípidos são insolúveis em água, em meio aquoso, os mesmos tendem a formar um agregado de moléculas rígidas com o objetivo de diminuir a superfície de contato (interface) lípidos/água (tensão superficial).

Assim, propuseram o seguinte modelo:



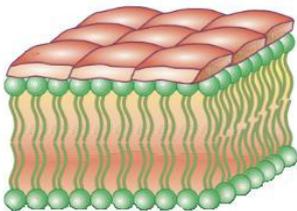
**Fig. 7.** Representação esquemática do modelo de Gorter e Grendel (1925).



**Fig. 6.** Evert Gorter  
(1881-1954)

Em, 1935, Danielli e Harvey mediram a tensão superficial ao nível da membrana plasmática das células e obtiveram valores muito mais baixos do que os registrados para agregados de moléculas lipídicas artificiais colocados em contato com água.

Com base nestes dados, Danielli e Harvey propuseram um modelo (Fig. 8) no qual consideravam que, para além da bicamada lipídica, a membrana plasmática conteria também proteínas colocadas do lado externo da referida bicamada.



**Fig. 8.** Representação esquemática do modelo de Danielli e Harvey (1935).

**1.** Em que medida o modelo de Danielli e Harvey está de acordo com:

**1.1.** as evidências químicas obtidas em 1925 por Gorter e Grendel;

**1.2.** os resultados obtidos por Danielli e Harvey em 1935.

## PONTO 5

Danielli (Fig. 9) e Dawson viriam a reformular o modelo de Danielli e Harvey, pois constataram que se existissem proteínas só de um lado da membrana resultariam diferenças de tensão superficial que a desintegraria.

Danielli e Dawson propuseram então o seguinte modelo:



Fig. 9. James F. Danielli (1911-1984)

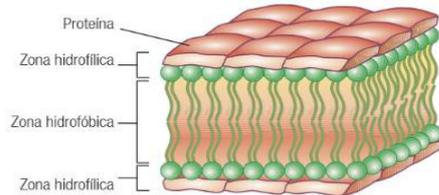


Fig.10. Representação esquemática do modelo de Danielli e Dawson (1935).

1. Se a membrana apresentasse uma estrutura análoga à proposta por Danielli e Dawson, discuta como se poderia explicar a entrada ou saída da célula de:

1.1. Lípidos e substâncias lipossolúveis;

1.2. Água e substâncias hidrossolúveis.

2. Sugira algumas alterações que seriam de introduzir ao modelo da Fig. 10, de modo a contemplar possíveis objeções por si colocadas na resposta à questão anterior.

## PONTO 6

No início da década de 50 do Século XX, Robertson, recorrendo ao Microscópio Eletrónico, conseguiu obter imagens da membrana plasmática análogas à da fotomicrografia da Fig. 11.

1. Descreve o aspeto apresentado pela membrana plasmática quando observada ao Microscópio Eletrónico.



Fig. 11. Membrana plasmática vista ao Microscópio Eletrónico.

Em 1954, Danielli e Dawson reformulavam de novo o seu modelo desta vez para lhe introduzir poro.

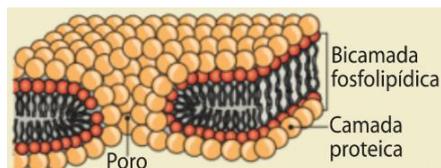


Fig. 12. Representação esquemática do modelo de Danielli e Dawson (1954).

2. Explique em que medida as observações de Robertson vieram apoiar ou pôr em causa o modelo de estrutura da membrana plasmática proposto por Danielli e Dawson.

## PONTO 7

Caldwell e seus colaboradores, utilizando um axônio gigante (célula nervosa) de calamar, realizaram a seguinte experiência:

- I. Colocaram o axônio em imersão prolongada em água do mar, rica em cloreto de sódio.
- II. Procederam à marcação radioativa do  $\text{Na}^+$ .
- III. Ao fim de algum tempo, verificou-se a presença de  $\text{Na}^+$  radioativo no interior do axônio.
- IV. Este axônio foi, seguidamente, colocado em água do mar não marcada, regularmente renovada (em iguais intervalos de tempo), obtendo-se assim várias amostras de água.
- V. Foi determinada a radioatividade em cada amostra, verificando-se que ela decrescia com o tempo.

1. O que pode concluir-se relativamente ao transporte de  $\text{Na}^+$ ?

Se a entrada de  $\text{Na}^+$  na célula pode facilmente ser explicada por simples difusão, devido à diferença de concentração, a sua saída (contrariando o gradiente de concentração) deve implicar mecanismos mais complexos. No sentido de investigar, os mesmos cientistas repetiram a experiência, adicionando à água do mar Dinitrofenol (substância que inibe a síntese de ATP a partir de ADP e P inorgânico) e verificaram a ocorrência de uma diminuição no fluxo de saída de  $\text{Na}^+$ .

2. Que hipótese terão levantado os cientistas para terem procedido ao passo anterior?

## PONTO 8

Caldwell e colaboradores inibiram o fluxo de  $\text{Na}^+$  por adição de cianeto (inibidor da síntese de ATP), injetando em seguida, no interior do axônio, quantidades variáveis de ATP.

Os resultados estão representados no gráfico da Fig. 13.

Inibiram o fluxo de  $\text{Na}^+$  com adição de cianeto (inibidor da síntese de ATP), injetando em seguida, no interior do axônio, quantidades variáveis de ATP, verificando que o transporte aumentava.

1. Interprete este procedimento.

No prosseguimento dos seus trabalhos, a equipa repetiu a experiência base. Substituíram a água do mar por outro meio semelhante, de cuja composição química não fazia parte  $\text{K}^+$ .

Constataram que a concentração de  $\text{Na}^+$  radioativo nas amostras diminuía bruscamente e que o valor normal era retomado na presença de  $\text{K}^+$ .

2. Que hipótese terão levantado os cientistas para terem procedido ao passo anterior?

3. A que conclusão chegaram?

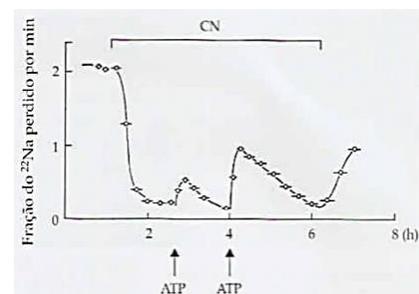


Fig. 13. Gráfico da fração de  $\text{Na}^+$  perdido por minuto em função da adição de ATP.

### PONTO 9

Tenha em atenção os dados seguintes:

- I. Todos os agentes que inibem o fluxo de saída de  $\text{Na}^+$  também inibem o de  $\text{K}^+$ .
- II. Os dois iões têm aproximadamente a mesma dimensão
- III. O  $\text{K}^+$  é muito mais abundante dentro do que fora da célula.

1. Com base dos dados fornecidos, formule uma hipótese sobre o mecanismo de transporte de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , contra o gradiente de concentração através da membrana plasmática.

### PONTO 10

Verificou-se, relativamente à glicose, que:

- a sua velocidade de penetração nas hemácias humanas diminui quando é muito elevada a sua concentração extracelular;
- tal penetração é fortemente afetada pela temperatura e inibida por determinados venenos metabólicos.

Os esquemas na Fig. 14 representam, de forma muito simplificada, uma das hipóteses propostas para o mecanismo de transporte da glicose (e de outras substâncias) através da membrana plasmática – mecanismo de difusão facilitada.

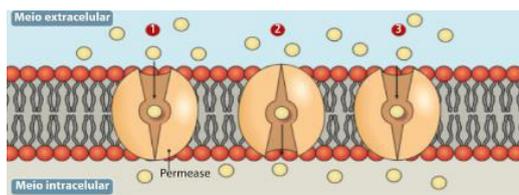


Fig. 14. Representação esquemática da difusão facilitada

1. Com base na análise atenta do esquema da Fig. 14, descreva sucintamente cada uma das etapas do processo de difusão facilitada.

Analisa o gráfico da Fig. 15 e responde às seguintes questões:

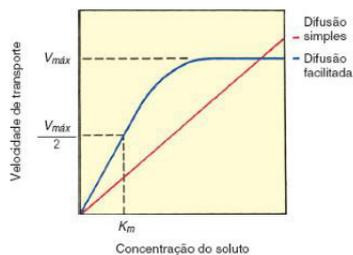


Fig. 15. Gráfico da relação entre a taxa de transporte e a concentração do soluto

1. Como varia a taxa de transporte em função da concentração de soluto na difusão simples?
2. Compare a velocidade de transporte da difusão simples com a difusão facilitada.
3. Qual a importância para a célula de ser capaz de realizar um transporte facilitado?

### PONTO 11

Observe atentamente a Fig. 16 onde se encontra evidenciado um determinado tipo de endocitose, observado e registado, em momentos diferentes, ao microscópio eletrónico.

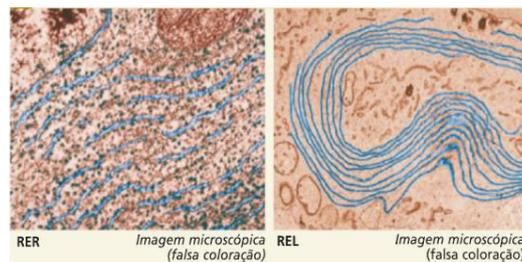


**Fig. 16.** Imagens, ao Microscópio eletrónico, da Endocitose

1. Descreva sucintamente o processo de endocitose assinalado por setas nas fotomicrografias.
2. Discuta a importância, para as células, deste processo de transporte de substâncias através da membrana plasmática.

### PONTO 12

O elevado poder de resolução do Microscópio Eletrónico veio revelar que certos espaços da célula, que se pensava serem contínuos e uniformes, apresentavam afinal o aspeto que a fotografia da Fig. 17 pretende evidenciar.



**Fig. 17.** Fotomicrografias de Reticulo Endoplasmático rugoso (A) e liso (B)

1. Após a observação da Fig. 17, descreva-a.
2. De acordo com o que aprendeste anteriormente, quais as funções do RE?

### PONTO 13

O R.E. surge em todas as células eucariotas como um extenso sistema de membranas definindo canais estreitos que se alargam, de quando em vez, formando sacos achatados – as cisternas – e túbulos que se distribuem desde as proximidades do núcleo até às zonas mais periféricas das células.

1. Com base nos dados fornecidos, procure inferir acerca da possível importância para a célula do retículo endoplasmático (R.E.).

## PONTO 14

Em 1898, o biólogo italiano Golgi (Fig. 18), estudando células do cerebello de coruja tratadas durante vários dias com tetróxido de ósmio (técnica de impregnação ósmica), verificou que em todas as células ocorria a deposição daquele composto no citoplasma.

Essa deposição efetuara-se, no entanto, de forma especial, constituindo como que pequenas escamas, sobrepostas em volta do núcleo das células.

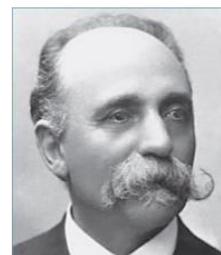


Fig. 18. Camillo Golgi (1843-1926)

1. Formule uma hipótese que procure explicar as observações de Golgi.

Com base nas suas observações, Golgi considerou que as deposições do tetróxido de ósmio na zona indicada deveriam justificar-se pelo fato de essa substância ir ocupar um espaço organizado em todas as células de igual modo, que definiria o que ele designou por “aparelho reticular interno”.

O microscópio eletrônico veio confirmar a existência de um organelo celular análogo ao “aparelho reticular interno” sugerido por Golgi que, por essa razão, tomou o seu nome e é hoje conhecido por Complexo de Golgi. Ao microscópio eletrônico, o complexo de Golgi surge com o aspeto que a Fig. 19 pretende representar (indicado com setas).

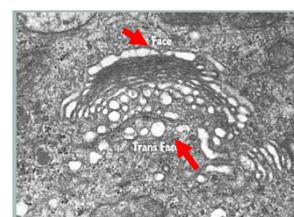


Fig. 19. Fotomicrografia do Complexo de Golgi.

2. Descreva sucintamente o aspeto do complexo de Golgi evidenciado na Fig. 19.

## PONTO 15

Palade (Fig. 20) e colaboradores, entre 1961 e 1972, realizaram várias experiências que permitiram descrever a função do Complexo de Golgi.

Incubaram finas fatias de pâncreas de rato num meio nutritivo contendo leucina marcada com o isótopo radioativo do carbono ( $^{14}\text{C}$ ), de tal modo que as células que as constituíam continuaram a desempenhar a sua função, isto é, a agregar as hidrólases do suco pancreático.

Observaram, em seguida, as células do pâncreas a intervalos regulares, utilizando a técnica de autoradiografia.



Fig. 20. George E. Palade (1912-2008)

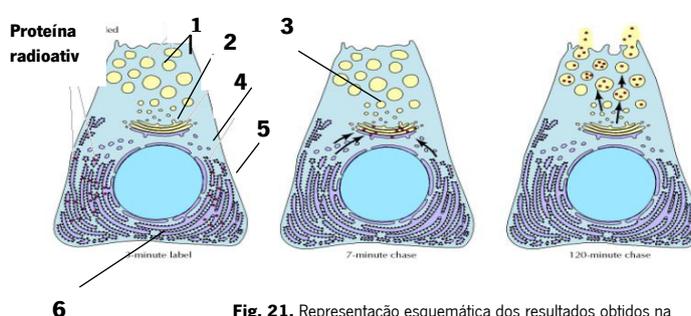


Fig. 21. Representação esquemática dos resultados obtidos na

1. Faça a legenda da Fig. 21.

2. Descreva o trajeto percorrido da leucina radioativa no interior da célula no decorrer da experiência.

**3.** Em que medida dos resultados obtidos permitem tirar conclusões quanto:

**3.1.** à função do retículo endoplasmático rugoso?

**3.2.** à função do complexo de Golgi?

**3.3.** à relação estrutural e funcional entre estes dois tipos de organelos?

### PONTO 16

Em 1951, Duve (Fig.22) e seus colaboradores estudavam, em células de fígados de rato, a atividade de uma hidrólase – a fosfatase ácida.

Verificaram que a atividade dessa enzima naquelas células era:

- 10 vezes menor no homogeneizado do fígado do que no extrato aquoso obtido durante a homogeneização;
- praticamente igual no homogeneizado e no extrato aquoso, se o primeiro for colocado no congelador durante 5 dias, e posteriormente retirado para a temperatura ambiente.



**Fig. 22.** Christian de Duve (1917 – 2013)

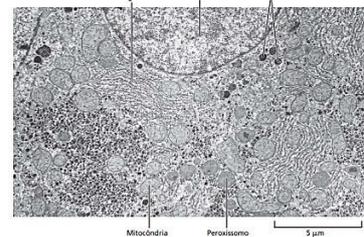
**1.** Formule uma hipótese que procure explicar os resultados das experiências de Duve.

### PONTO 17

As experiências de Duve revelaram um fenómeno de latência enzimática. Duve provou ainda que o mesmo fenómeno ocorria com outras hidrólases para além da fosfatase ácida.

Foram então identificadas nas células do fígado de rato partículas arredondadas constituídas por uma membrana fina, e contendo grandes quantidades de hidrólases (Fig. 23).

Estas partículas foram designadas por lisossomas e provou-se estarem presentes em todas as células eucariotas em número e forma variável.



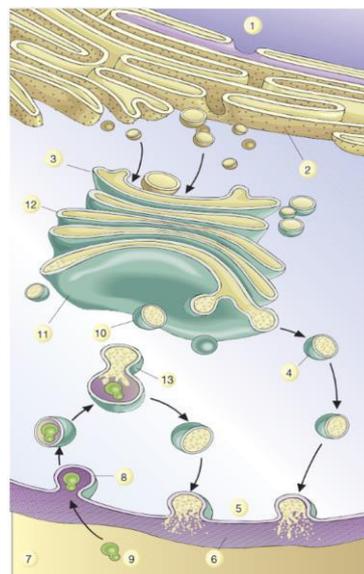
**Fig. 23.** Imagem ao microscópio eletrónico de componentes celulares

**1.** Com base neste novo dado, procure interpretar os resultados fornecidos no Ponto 16.

## PONTO 18

Hoje sabemos que os lisossomas, quando sujeitos a agitação mecânica, detergentes, meios hipotônicos, descongelação ou congelação brusca, ficam com a sua membrana totalmente destruída, libertando-se assim as suas hidrólases. Este fato justifica os resultados singulares obtidos por Duve.

A Fig. 24 representa, em esquema, os fenômenos que evidenciam a origem e função dos lisossomas. Analise-a atentamente.



**Fig. 24.** -Representação esquemática da Digestão Intracelular

**1.** Complete a legenda da Fig. 24.

**2.** Tendo em conta todos os dados fornecidos pela Fig. 22, tente indicar:

**2.1.** a origem dos lisossomas primários;

**2.2.** a origem dos lisossomas secundários;

**2.3.** as funções desempenhadas na célula pelos lisossomas.

**3.** Discuta em que medida os dados fornecidos pela Fig. 24 nos permitem afirmar que os lisossomas podem estar ligados a:

**3.1.** atividades de defesa da célula;

**3.2.** atividades de digestão celular.

### Atividade de aprendizagem adaptada de uma atividade do manual escolar:

Lima, J., & Freitas, M. (1987). *Biologia: o estudo da vida: 10.º ano de escolaridade*. 3ª ed. Porto: Edições Asa

#### Fontes das figuras:

Figura 1: Ciencia Y Tecnología. (2018). *Un humilde monje genial*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [wsimag.com/es/ciencia-y-tecnologia/42553-un-humilde-monje-genial](http://wsimag.com/es/ciencia-y-tecnologia/42553-un-humilde-monje-genial).

Figuras 2.1, 2.2, 2.3: Professora estagiária Glennda Pinheiro, fevereiro de 2021.

Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 4.1., 4.2, 4.3: Matias, O. & Martins, P. (2012). *Biologia 10*, Biologia e Geologia 10. Porto: Areal Editores, p.63.

Figura 5: Lipnick, R. (1986). *Trends in Pharmacological Sciences*. Elsevier Science Publishers B.V. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0165614786902981?via%3Dihub](http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0165614786902981?via%3Dihub)

Figura 6: Universiteit Gent. (2021). *UGentMemorie - Gorter, Evert (1881-1954)*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.ugentmemorie.be/personen/gorter-evert-1881-1954](http://www.ugentmemorie.be/personen/gorter-evert-1881-1954)

Figuras 7, 8, 10: Oliveira, O., Ribeiro, E. & Silva, J. (2007). *Desafios 10, Vol. 2*. Biologia e Geologia. Edições ASA, p. 69.

Figura 9: Stein. W. (1986). *James Frederic Danielli. 13 November 1911-22 April 1984*. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, Vol. 32, pp 117. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.jstor.org/stable/770110?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/770110?seq=1#metadata_info_tab_contents)

- Figura 11: Silva, A., Santos, M., Gramaxo, F., Mesquita, A., Baldaia, L. & Félix, J. (2020). *Terra, Universo de vida*. Biologia e Geologia, 2ª Parte, 10.º ano. Porto Editora, p. 53.
- Figura 12: Matias, O. & Martins, P. (2012). *Biologia 10*, Biologia e Geologia 10. Porto: Areal Editores, p. 57.
- Figura 13: Garcia, E. A. (2000). *Biofísica*. Editora Savier, p. 11.
- Figura 14: Matias, O. & Martins, P. (2012). *Biologia 10*, Biologia e Geologia 10. Porto: Areal Editores, p. 66.
- Figura 15: De Robertis, E. & Hib, J. (2012). *De Robertis - Biología Celular e Molecular*. Argentina: Hipocrático, p. 66.
- Figura 16: Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular biology of the cell*, 6ª Ed. New York: Garland Science, p. 731.
- Figura 17: Matias, O. & Martins, P. (2012). *Biologia 10*, Biologia e Geologia 10. Porto: Areal Editores, p. 71.
- Figura 18: Nobel Prize Outreach AB. (2021). *The Nobel Prize in Physiology or Medicine (1906)*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.nobelprize.org/prizes/medicine/1906/summary/](http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1906/summary/)
- Figura 19: Gwen Childs Jones. (2014). *The Golgi Complex*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [cytochemistry.net/cell-biology/golgi.htm](http://cytochemistry.net/cell-biology/golgi.htm)
- Figura 20: Nobel Prize Outreach AB. (2021). *George E. Palade – Facts*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.nobelprize.org/prizes/medicine/1974/palade/facts/](http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1974/palade/facts/)
- Figura 21: Cooper, G. & Hausman, R. (2007). *The Cell: A Molecular Approach*. Sinauer Associates, Inc., Washington, p. 387.
- Figura 22: Nobel Prize Outreach AB. (2021). *Christian de Duve – Facts*. Acedido em fevereiro de 2021. Disponível em [www.nobelprize.org/prizes/medicine/1974/duve/facts/](http://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1974/duve/facts/)
- Figura 23: Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular biology of the cell*, 6ª Ed. New York: Garland Science, p. 644.
- Figura 24: Oliveira, O., Ribeiro, E. & Silva, J. (2007). *Desafios 10, Vol. 2*. Biologia e Geologia. Edições ASA, p. 84.

### **Anexo 3 – Questionário de opinião**

### Questionário de opinião

#### Caro(a) Aluno(a)

Venho solicitar a tua colaboração na resposta ao presente questionário sobre as nossas aulas no âmbito da temática “*Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos*”.

O presente questionário insere-se nas atividades do meu Projeto de Intervenção Pedagógica, desenvolvido no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário da Universidade do Minho. As tuas respostas são fundamentais para poder efetuar uma reflexão sobre as atividades desenvolvidas durante as aulas, de modo a contribuir para a minha formação como professora. São, ainda, importantes para a construção do relatório de estágio, essencial para a conclusão do mestrado.

Face ao exposto, peço-te que respondas a todas as questões, com o maior rigor e cuidado possíveis.

O questionário é anónimo e não tem nenhum carácter avaliativo.

Obrigada pela tua colaboração e empenho.

A Professora Estagiária  
Glenn da Jorge Pinheiro  
Março de 2021

**1.** Expressa a tua opinião sobre as aprendizagens desenvolvidas durante as aulas utilizando a seguinte escala:

**CT:** Concordo Totalmente; **C:** Concordo; **NC/ND:** Não Concordo Nem Discordo; **D:** Discordo; **DT:** Discordo Totalmente

<b>As atividades desenvolvidas nas aulas ajudaram-me a:</b>	<b>CT</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>	<b>NC/ND</b>
Conhecer processos de obtenção de matéria pelos seres heterotróficos.					
Compreender a estrutura da membrana plasmática.					
Compreender como se processa a osmose.					
Compreender como se processa a difusão simples.					
Compreender como se processa a difusão facilitada.					
Compreender como se processa o transporte ativo.					
Compreender como se processa a endocitose e a exocitose.					
Compreender como se processa a digestão intracelular.					
Desenvolver a capacidade de interpretação de gráficos/tabelas					
Desenvolver o raciocínio.					
Desenvolver a capacidade de formulação de hipóteses.					
Desenvolver a capacidade de formulação de conclusões.					
Valorizar o trabalho desenvolvido pelos cientistas.					
Valorizar o papel da ciência para a sociedade					

**2.** O estudo desta temática baseou-se numa abordagem em que partimos de experiências realizadas por cientistas, exploramos as suas hipóteses, os seus procedimentos, os seus resultados e modelos propostos, de modo a promover a aprendizagem de diversos conteúdos. Que relevância atribuis a esta abordagem para a tua aprendizagem?

**3.** Sentiste dificuldades na execução das atividades implementadas durante as aulas? Justifica a tua resposta.