

MSC

2.^o
CICLO

FCUP
2022

U.PORTO

Ensino orientado para a investigação com alunos do
8.^o ano: Exploração de um simulador na temática da
dinâmica dos ecossistemas

Maria Luís Oliveira Rodrigues

FC

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Ensino orientado para a investigação com alunos do 8.^o ano: Exploração de um simulador na temática da dinâmica dos ecossistemas

Maria Luís Oliveira Rodrigues

Relatório de Estágio de Mestrado apresentado à Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto em Ensino de Biologia
e de Geologia
2022

U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO



Ensino orientado para a investigação com alunos do 8º ano: Exploração de um simulador na temática da dinâmica dos ecossistemas

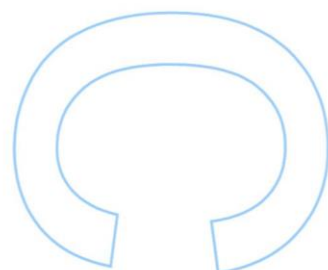
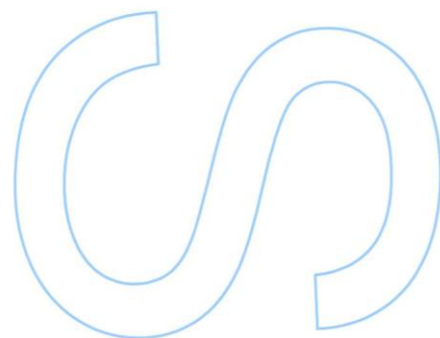
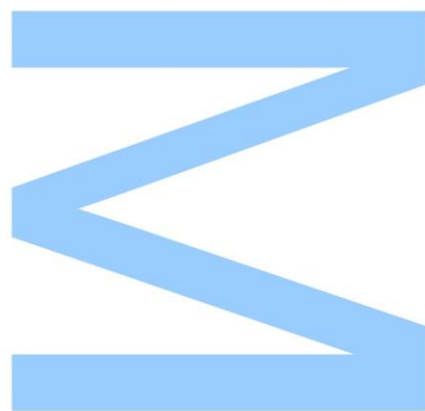
Maria Luís Oliveira Rodrigues

Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo
do Ensino Básico e no Ensino Secundário
Unidade de Ensino das Ciências

2022

Orientadora

Clara Vasconcelos, Professora Associada com Agregação,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

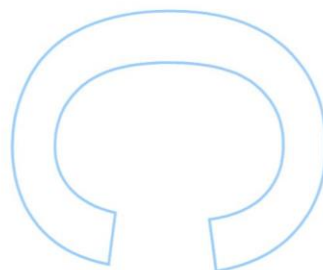
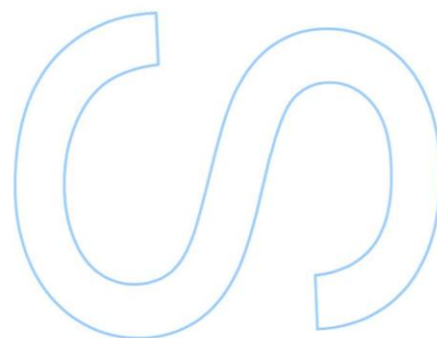
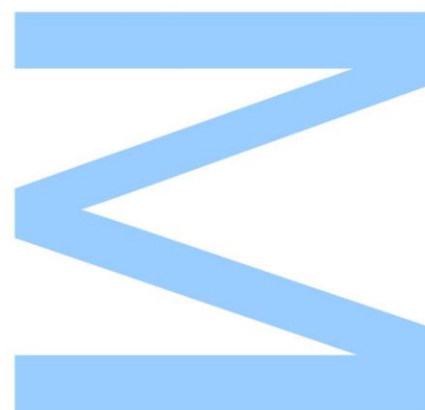




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Aproveito este momento para agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste relatório de estágio e me acompanharam durante esta fase transformadora da minha vida.

Primeiramente, quero agradecer à minha orientadora Professora Clara Vasconcelos pela disponibilidade demonstrada durante todo o ano de estágio e por toda a partilha de conhecimento realizada ao longo destes últimos dois anos de mestrado.

Também gostaria de agradecer à professora cooperante por todo o apoio fornecido ao longo do ano letivo, pela partilha de conhecimento e experiências que permitiram a minha integração no dia-a-dia da escola.

Um enorme obrigada à minha família e ao meu namorado que sempre acreditaram em mim e me estimularam a seguir os meus sonhos. Sem o vosso apoio, amor e carinho não seria quem sou hoje.

Aos meus colegas de curso, por todos os momentos de partilha e de convivência ao longo do mestrado. Um agradecimento especial ao meu colega de estágio, por todo o companheirismo. Deste estágio resultou uma boa amizade.

Aos meus alunos, que foram os primeiros a quem tive o gosto de ensinar e que me proporcionaram, também, muitos momentos de aprendizagem. Obrigada pelo carinho e pelo ânimo e felicidade que trouxeram todos os dias para a minha sala de aula.

If we teach only the findings and products of science — no matter how useful and even inspiring they may be — without communicating its critical method, how can the average person possibly distinguish science from pseudoscience?

Carl Sagan (1996)

Resumo

Tem-se assistido a um avanço rápido do conhecimento científico e tecnológico, que marca o século XXI. Como consequência desta rápida evolução, torna-se essencial dotar os cidadãos de diversas competências que lhes permitam ser ativos na sociedade. Estas competências incluem o pensamento crítico, a cooperação, a criatividade, a literacia científica, a autonomia, entre outras. A escola deverá, então, contribuir para a formação de jovens que estejam aptos destas competências e que sejam capazes de exercer um papel ativo na sociedade.

O ensino orientado para a investigação é uma metodologia de ensino que promove o desenvolvimento de diversas competências através da procura de respostas a questões por meio de uma investigação. Esta metodologia integra o trabalho de grupo, promovendo o desenvolvimento de competências investigativas e socioafetivas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar se a utilização de simuladores no ensino orientado para a investigação promove o desenvolvimento de competências investigativas e a aprendizagem sobre a temática da dinâmica dos ecossistemas. A investigação foi implementada numa escola básica e secundária do Porto a uma amostra de 16 alunos do 8º ano de escolaridade. Para a recolha de dados recorreu-se a uma grelha de observação grupal, a uma grelha de observação individual e a um teste cognitivo. Os resultados obtidos demonstram que a metodologia de ensino empregue foi eficaz na aprendizagem do conteúdo científico. Averiguou-se, também, que o desenvolvimento de algumas competências pelos alunos se encontrava, ainda, numa fase incipiente. Devido a isto, ao trabalhar em grupo os alunos conseguiram completar as tarefas corretamente, mas quando as tiveram de realizar de forma individual a taxa de sucesso foi menor.

Este estudo fornece indicadores favoráveis à eficácia do uso de simuladores no ensino orientado para a investigação. Contudo, o desenvolvimento de competências ocorre de forma gradual e, portanto, é essencial o recurso a várias investigações em contexto escolar para permitir que os discentes as desenvolvam.

Palavras-chave: aprendizagem por investigação; simuladores; ecologia; competências investigativas; investigação-ação.

Abstract

The 21st century is marked by a rapid advance in scientific and technological knowledge. As a result of this evolution, it is essential to provide citizens with different sets of skills that will allow them to be active participants in society. Some of these skills are critical thinking, cooperation, creativity, scientific literacy, autonomy, among others. Therefore, the education system should contribute to the development of these skills among students to provide them the tools they need to play an active role in society.

Inquiry-based teaching is a teaching methodology that promotes the development of multiple skills through inquiry. This methodology includes group work and promotes the development of investigative and socio-affective skills.

This study aimed to assess if inquiry-based teaching with computer simulations enables students to learn about ecosystems' dynamics and to develop investigative skills. The investigation was implemented in an elementary and secondary school in Oporto and the sample consisted of 16 8th grade students. A group and an individual observation grid along with a cognitive test were used as data collection instruments for the purpose of this study. The results of this study demonstrate that inquiry-based teaching was effective in promoting the acquisition of the scientific content. It was also found that the development of some skills by the students was at an incipient stage. Therefore, while working in groups students were able to successfully complete the assigned tasks, but the success rate dropped when working individually.

This study provides favorable indicators of the effectiveness of using simulators in inquiry-based teaching. However, the development of skills occurs gradually, therefore, it is essential to frequently implement inquiry tasks in the classroom to induce the acquirement of these skills by the students.

Keywords: inquiry-based learning; simulators; ecology; science process skills; action research.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização da investigação	1
1.2. Problema e objetivos de investigação	3
1.3. Contextualização curricular	4
1.4. Organização do relatório de estágio	5
2. Enquadramento teórico.....	7
2.1. Ensino orientado para a investigação.....	7
2.2. Simuladores no ensino das ciências.....	11
2.3. O ensino da ecologia.....	13
2.3.1. Ensino orientado para a investigação com recurso a simuladores	14
3. Intervenção pedagógica.....	15
3.1. Planificação	15
3.2. Caracterização das aulas	16
4. Metodologia de investigação.....	20
4.1. Investigação-Ação.....	20
4.1.1. O professor-investigador	21
4.2. Caracterização da amostra.....	22
4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	22
4.3.1. Grelhas de observação	22
4.3.2. Teste cognitivo.....	25
4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados	27
4.5. Questões de ética	27
5. Resultados e discussão	29
5.1. Grelha de observação individual	29
5.2. Grelha de observação grupal	31
5.3. Teste cognitivo	33
5.4. Análise comparativa entre a grelha de observação grupal e o teste cognitivo ..	38
6. Conclusões	41

6.1. Conclusões gerais	41
6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras	41
6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional	42
Referências bibliográficas	44
Apêndices	55
Apêndice 1. Planificação das aulas	55
Apêndice 2. Documento explicativo do simulador	59
Apêndice 3. PowerPoint	60
Apêndice 4. Ficha de trabalho com proposta de solução	65
Apêndice 5. Grelha de observação individual	73
Apêndice 6. Grelha de observação grupal	74
Apêndice 7. Teste cognitivo com proposta de solução	75
Apêndice 8. Pedido de consentimento informado	80
Apêndice 9. Pedido de assentimento informado	81
Apêndice 10. Grelhas de observação individual preenchidas	82
Apêndice 11. Grelhas de observação grupal preenchidas	83
Apêndice 12. Grelha de classificação do teste cognitivo	84

Lista de figuras

Figura 1. Partilha dos procedimentos elaborados pelos grupos de trabalho.	17
Figura 2. Realização da experiência no simulador e recolha dos dados pelos grupos de trabalho.....	17
Figura 3. Partilha das conclusões formuladas pelos grupos.....	18
Figura 4. Realização da experiência no simulador pelos grupos de trabalho.	19
Figura 5. Registo dos dados obtidos durante a experiência.	19
Figura 6. Representação esquemática dos ciclos da espiral da I-A. Adaptado de Hudson et al. (2006, p. 581).....	20
Figura 7. Representação gráfica dos resultados obtidos pelo preenchimento da grelha de observação individual (n=16) pelos observadores 1 e 2. Para cada critério, foi considerada a frequência absoluta referente a cada nível de desempenho definido...	29
Figura 8. Representação gráfica dos resultados obtidos pelo preenchimento da grelha de observação grupal (n=4) pelos observadores 1 e 2. Para cada critério, foi considerado a frequência absoluta referente a cada nível de desempenho definido.	31

Lista de quadros

Quadro 1. Objetivos científicos, educacionais e profissionais do PI.	3
Quadro 2. Aprendizagens essenciais do 8º ano de escolaridade, relativas à temática a ser desenvolvida no PI. Adaptado de Direção-Geral da Educação (DGE, 2018, p. 8)...	4
Quadro 3. Os quatro tipos de investigação tipicamente utilizados em sala de aula e as informações fornecidas aos alunos. Adaptado de Banchi and Bell (2008, p. 27).	9
Quadro 4. Critérios de observação individual e respetivos níveis de desempenho.	23
Quadro 5. Critérios de observação dos grupos e respetivos níveis de desempenho...	24
Quadro 6. Tipologia e objetivo investigacional de cada questão do teste cognitivo.....	26
Quadro 7. Estatística descritiva dos resultados obtidos no teste cognitivo.	34
Quadro 8. Frequência absoluta e relativa das classificações obtidas no teste cognitivo.	34
Quadro 9. Frequência absoluta e relativa de respostas corretas no grupo I do teste cognitivo.	35
Quadro 10. Frequência absoluta e relativa de respostas corretas nos grupos II e III do teste cognitivo.....	38

Lista de abreviaturas

AE – Aprendizagens Essenciais

AET – Aprendizagens Essenciais Transversais

EOI – Ensino Orientado para a Investigação

I-A – Investigação-Ação

IPP – Iniciação à Prática Profissional

PI – Programa de Intervenção

1. Introdução

O presente relatório de estágio foi elaborado no âmbito da unidade curricular de Iniciação à Prática Profissional (IPP) do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Este documento resulta da elaboração e implementação de um Programa de Intervenção (PI) com uma turma do 8º ano de escolaridade de uma escola básica e secundária da cidade do Porto.

1.1. Contextualização da investigação

O século XXI é caracterizado por uma evolução acelerada do conhecimento científico e tecnológico e, atualmente, é possível aceder a uma quantidade imensurável de informação de forma instantânea. Esta larga disponibilidade de informação é consequência da facilidade com que esta é difundida, o que resulta, muitas vezes, na partilha de informação pouco fidedigna ou falaciosa. É então de extrema importância formar os jovens de hoje de forma a serem críticos e capazes de discernir entre a informação que é de confiança e aquela que é duvidosa (Chu et al., 2017). Ao longo desta revolução tecnológica, as máquinas têm substituído a mão-de-obra humana em variadas funções. Como consequência, as vagas disponíveis exigem, cada vez mais, pessoas com competências específicas, como pensamento analítico e crítico, habilidades digitais e competências de comunicação (McGunagle & Zizka, 2020; Rios et al., 2020).

De um modo geral, os sistemas educativos não acompanharam esta evolução, pelo que não se encontram equipados para preparar os jovens de hoje para integrar a sociedade como cidadãos informados. Para tal, é necessário focar num conjunto de competências que são essenciais para dotar os alunos das ferramentas necessárias para se tornarem em cidadãos participativos. Algumas das “competências do século XXI” não são novidade, apenas ganharam novo ênfase e importância no panorama atual. Exemplos destas competências são a resolução de problemas, o pensamento crítico, a comunicação, a colaboração, a criatividade, a inovação, a literacia científica, a autonomia, a autorregulação e o raciocínio. Contudo, existem competências que não eram mencionadas até este avanço tecnológico, como a literacia digital (Chu et al., 2017).

A escola passa a ter, então, a responsabilidade de promover nos alunos o desenvolvimento das competências que serão essenciais para o seu futuro. Dito isto, é atribuído ao sistema educativo uma missão de extrema importância: a de formar jovens

capazes de integrar a sociedade nestes tempos de imprevisibilidade e mudanças aceleradas. Para responder a estes desafios, é necessária a adoção de metodologias de ensino que permitam uma aprendizagem ativa pelos alunos, ou seja, o seu envolvimento em atividades práticas que potenciam o seu processo de aprendizagem (DiYanni & Borst, 2020). O professor adquire, assim, a responsabilidade de criar experiências de aprendizagem que potenciem o envolvimento entre os alunos e destes com o conteúdo explorado (Johnson & Johnson, 2018). Os alunos devem ser encorajados a procurar informação, a racionalizar, a pensar criticamente e a interagir com os outros de modo a trocar conhecimento e debater temáticas, para conseguir responder a questões e resolver problemas colocados pelos próprios ou pelo professor (DiYanni & Borst, 2020). O uso de metodologias ativas tem mostrado ser eficaz no aumento do interesse e da motivação dos alunos em aprender ciência e na promoção do desenvolvimento de competências por estes (Chu et al., 2017; Erickson et al., 2020; Kang & Keinonen, 2018; Potvin et al., 2017).

O ensino orientado para a investigação (também designado ensino orientado para a aprendizagem por investigação) é uma metodologia de ensino que se tem mostrado eficaz no desenvolvimento de competências pelos alunos (Firman et al., 2019; Huang, 2021; Putu & Hikmawati, 2021; Walker & Warfa, 2017). Através da reprodução do trabalho do cientista em sala de aula, os alunos mobilizam conhecimento e habilidades para responder ao problema colocado. Esta metodologia de ensino estimula o trabalho cooperativo e a partilha de conhecimento entre pares, e tem como finalidade dotar os alunos de uma autonomia crescente, resultando num papel progressivamente mais ativo destes em sala de aula (Deboer, 2006; National Research Council [NRC], 2000).

Contudo, a formação dos jovens do século XXI não se deve apoiar apenas no desenvolvimento de competências. O conhecimento teórico adquire uma importância de relevo para permitir que os cidadãos do futuro consigam comentar e discutir sobre diferentes temáticas relevantes. Um conteúdo abordado no currículo que adquire, atualmente, uma importância central é a ecologia. Nos dias de hoje, os fenómenos resultantes da intervenção antrópica nos ecossistemas e das alterações climáticas são cada vez mais frequentes e visíveis para a população (Chiang et al., 2021; Gross, 2019; Myhre et al., 2019). Dada a rapidez a que estes eventos têm ocorrido, é fundamental formar jovens com um entendimento básico sobre ecologia que compreendam as causas subjacentes a estes fenómenos. Apenas assim é possível formar uma sociedade consciente para esta temática sensível e que se prontifique a sugerir e a implementar medidas para minimizar os impactes da ação humana no planeta.

O presente trabalho consiste na elaboração de um PI a ser implementado com alunos do 8º ano de escolaridade, no qual será explorada a temática “dinâmica dos ecossistemas” com recurso ao ensino orientado para a investigação. O ensino orientado para a investigação é, tradicionalmente, uma metodologia aplicada no ensino das ciências em laboratórios físicos. Contudo, com o avanço da tecnologia, têm sido criados simuladores que podem ser usados como recursos educativos. Assim, o presente PI recorre a um simulador para a realização de uma investigação pelos alunos.

1.2. Problema e objetivos de investigação

A implementação deste PI pretende avaliar se a utilização de simuladores virtuais no ensino orientado para a investigação promove o desenvolvimento de competências investigativas e potencia a aprendizagem da temática dinâmica dos ecossistemas em alunos do 8º ano de escolaridade.

De forma a responder ao problema de investigação e de orientar a aplicação do PI foram definidos objetivos de três tipologias: científicos, educacionais e profissionais, que constam no Quadro 1.

Quadro 1. Objetivos científicos, educacionais e profissionais do PI.

Tipologia	Objetivos
Científicos	• Ensinar a identificar diferentes tipos de relações bióticas; • Promover a compreensão da influência dos fatores abióticos e das relações bióticas na distribuição de seres vivos num ecossistema; • Auxiliar na aprendizagem do conceito de nicho ecológico.
Educacionais	• Promover a literacia e o raciocínio científico através do ensino orientado para a investigação; • Potenciar o desenvolvimento de competências investigativas nos alunos através do uso da metodologia de ensino orientado para a investigação; • Desenvolver o trabalho cooperativo.

Profissionais	• Otimizar o uso da metodologia de ensino orientado para a investigação com recurso a simuladores no ensino básico; • Construir competências na preparação e aplicação do ensino orientado para a investigação; • Desenvolver competências na investigação em educação; • Promover a emancipação profissional docente através de uma ação participante e reflexiva.
----------------------	--

Salienta-se que os objetivos científicos apresentados resultam da adaptação das Aprendizagens Essenciais (AE) relativas à temática explorada que serão apresentadas no Quadro 2.

1.3. Contextualização curricular

A temática científica abordada neste PI vai ao encontro das AE estabelecidas pelo Ministério da Educação para o 8º ano de escolaridade (Quadro 2).

Quadro 2. Aprendizagens essenciais do 8º ano de escolaridade, relativas à temática a ser desenvolvida no PI. Adaptado de Direção-Geral da Educação (DGE, 2018, p. 8).

Tema	Aprendizagens Essenciais
Sustentabilidade na Terra	• Distinguir interações intraespecíficas de interações interespecíficas e explicitar diferentes tipos de relações bióticas. • Interpretar informação relativa a dinâmicas populacionais decorrentes de relações bióticas, avaliando as suas consequências nos ecossistemas.

O PI aborda, também, uma das Aprendizagens Essenciais Transversais (AET) do 8º ano da escolaridade, nomeadamente “Construir explicações científicas baseadas em conceitos e evidências, obtidas através da realização de atividades práticas diversificadas – laboratoriais, experimentais, de campo – e planeadas para procurar responder a problemas formulados” (DGE, 2018, p. 5).

1.4. Organização do relatório de estágio

O presente relatório de estágio encontra-se dividido em seis capítulos: a introdução, o enquadramento teórico, a intervenção pedagógica, a metodologia de investigação, os resultados e discussão e, por fim, a conclusão. Acresce, ainda, as referências bibliográficas e os apêndices.

O primeiro capítulo é dedicado à introdução, e encontra-se dividido em quatro subcapítulos. No primeiro subcapítulo é realizada uma contextualização da investigação e apresentada a justificação do presente estudo. No segundo subcapítulo é apresentado o problema de investigação e enumerados os objetivos educacionais, científicos e profissionais, que orientaram a presente investigação. O terceiro subcapítulo é dedicado ao enquadramento curricular da temática científica escolhida para o PI. Aqui, são apresentadas as AE, incluindo as AET, que o presente PI pretendeu desenvolver. Por fim, o último subcapítulo é dedicado à descrição do conteúdo de cada um dos capítulos do presente relatório.

No capítulo 2 é realizado um enquadramento teórico sobre a metodologia de ensino aplicada durante o PI. Este capítulo encontra-se subdividido em três subcapítulos. No primeiro é realizado um enquadramento sobre o ensino orientado para a investigação. No segundo é explorada a literatura referente ao uso de simuladores no ensino das ciências. O último subcapítulo trata do ensino da ecologia e é feita uma breve contextualização de estudos que recorreram a simuladores no ensino desta temática.

O terceiro capítulo, intitulado de “intervenção pedagógica”, dedica-se à apresentação da implementação do presente PI, e está dividido em dois subcapítulos. No primeiro é apresentada a planificação e os recursos didáticos utilizados durante as aulas que constituíram o PI. No segundo é feita uma breve caracterização das aulas e descrito como foi aplicado o PI.

O capítulo 4, referente à metodologia de investigação, encontra-se subdividido em cinco subcapítulos. No primeiro a metodologia de investigação selecionada para o presente relatório de estágio é apresentada (Investigação-Ação). No subcapítulo seguinte é realizada uma caracterização da amostra do estudo. O terceiro subcapítulo é dedicado à explanação e apresentação das técnicas e dos instrumentos utilizados na recolha dos dados. O subcapítulo 4 é referente à validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados. Finalmente, no último subcapítulo são tratadas as questões de ética inerentes à investigação com alunos menores de idade.

O quinto capítulo é dedicado ao tratamento dos dados recolhidos durante o PI e à sua discussão. Este capítulo tem quatro subcapítulos, onde é realizada a apresentação e discussão dos dados recolhidos com os três instrumentos selecionados (grelha de observação individual, grelha de observação grupal e teste cognitivo) e no último subcapítulo é realizada uma análise entre os resultados obtidos pela grelha de observação grupal e pelo teste cognitivo.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do estudo, nomeadamente as conclusões gerais, as limitações do presente estudo e sugestões para estudos posteriores e, ainda, os contributos que o presente estudo teve para o desenvolvimento profissional da professora-investigadora.

Por fim, surgem os capítulos das referências bibliográficas, onde está presente a literatura que suporta a presente investigação, e dos apêndices, de onde constam todos os documentos necessários para a compreensão total deste PI.

2. Enquadramento teórico

O presente capítulo apresenta a contextualização referente à metodologia de ensino empregue durante o PI – o ensino orientado para a investigação. Este capítulo começa, então, por fazer uma breve contextualização histórica desta metodologia de ensino, passando a explicar as características inerentes a esta metodologia. Segue-se uma introdução sobre o uso de simuladores no ensino das ciências, referindo as vantagens e desvantagens discutidas na literatura. O último subcapítulo é dedicado ao ensino da ecologia. Neste subcapítulo é destacado o papel do trabalho prático no ensino da ecologia e apresentada literatura sobre o uso de simuladores no ensino desta temática científica.

2.1. Ensino orientado para a investigação

O ensino orientado para a investigação (EOI) surgiu como resultado da procura de metodologias de ensino que não se focassem unicamente no saber teórico sobre ciência, mas também no conhecimento prático sobre como realizar ciência.

Até 1900, a ciência era considerada como um leque de conhecimento que os alunos deveriam aprender e o seu ensino era baseado em aulas expositivas onde o professor desempenhava o papel central como transmissor de conhecimento aos alunos, que eram incentivados a recorrer à memorização durante o processo de aprendizagem (Constantinou et al., 2018; Deboer, 2006). No início do século XX, tornou-se evidente que existia uma incoerência entre o modo como a ciência era ensinada na escola e como esta era praticada pela comunidade científica. A noção de que a ciência deveria ser ensinada de forma a despertar a curiosidade e estimular o pensamento científico nos alunos foi defendida por vários educadores e cientistas da época, como John Dewey e Joseph Schwab. Dewey (1910) defendia que o ensino deveria estimular os alunos a pensar e a agir de forma científica, ao invés de se focar na memorização de factos e Schwab (1960, 1966) preconizava que a ciência deveria ser apresentada como uma investigação e que os alunos deveriam aprender ciência a partir de processos investigativos. Esta ideologia defendida por vários autores no século XX iniciou uma reforma educativa que promovia o aumento do trabalho prático e laboratorial realizado em sala de aula e um incremento da autonomia dotada aos alunos nessas atividades (NRC, 2000). Esta visão suscitou uma reflexão sobre o ensino das ciências em contexto escolar, e os autores que a defendiam foram os precursores do EOI.

O EOI é uma metodologia de ensino centrada no aluno que visa promover a aprendizagem paralela do conteúdo e do método científico. Os alunos são incentivados a explorar problemas ou fenómenos de uma forma semelhante à realizada pelos cientistas, espelhando o trabalho investigativo em sala de aula (Deboer, 2006; NRC, 2000; Riga et al., 2017). O EOI é, então, uma metodologia que promove a aprendizagem de ciência através da reprodução do modo como esta é realizada. Por este motivo, esta metodologia de ensino reflete a natureza da ciência, potenciando a compreensão de que esta é um produto humano sujeito a revisão e um processo dinâmico (Deboer, 2006; NRC, 2000).

O EOI requer, então, que os alunos estejam envolvidos em processos científicos, como a formulação de hipóteses, elaboração de procedimentos experimentais, implementação de experiências, recolha e análise de dados e elaboração de conclusões, podendo todas estas etapas fazer parte da investigação ou algumas destas serem previamente fornecidas pelo professor (NRC, 2000; Riga et al., 2017). Durante estas etapas, os alunos deverão desempenhar um papel ativo e central na sala de aula. O ensino e a aprendizagem por investigação preveem que os alunos estejam envolvidos em questões cientificamente relevantes, priorizem evidências e partam destas para formular explicações, avaliem as suas explicações através da comparação com outras explanações sugeridas e comuniquem e justifiquem as explicações por si propostas (NRC, 2000).

O professor deve desempenhar o papel de mediador, orientando os alunos durante o processo de investigação (Lazonder & Harmsen, 2016). Lazonder e Harmsen (2016) definem orientação como qualquer forma de assistência oferecida antes e/ou durante o processo de aprendizagem que visa simplificar ou elucidar sobre o raciocínio científico necessário para completar a tarefa. O grau de orientação do professor pode ser maior ou menor. O objetivo final do EOI é dotar os alunos de uma autonomia crescente, reduzindo gradualmente a necessidade de os orientar durante as etapas do processo investigativo (Deboer, 2006; NRC, 2000). Dito isto, o EOI pode assumir diferentes formatos, dependendo do grau de orientação disponibilizado pelo professor aos alunos. A investigação em sala de aula pode, então, ser por confirmação, estruturada, guiada ou aberta, diferindo entre si na informação que é fornecida aos alunos (Quadro 3) (Banchi & Bell, 2008; Fitzgerald et al., 2019; Riga et al., 2017).

Quadro 3. Os quatro tipos de investigação tipicamente utilizados em sala de aula e as informações fornecidas aos alunos.
 Adaptado de Banchi and Bell (2008, p. 27).

Tipo de investigação	Questão	Procedimento	Resultado esperado
Por confirmação	✓	✓	✓
Estruturada	✓	✓	
Guiada	✓		
Aberta			

A orientação fornecida aos alunos durante a implementação de uma investigação em sala de aula é essencial no processo de aprendizagem (Aditomo & Klieme, 2020; Dobber et al., 2017; Lazonder & Harmsen, 2016). A realização de atividades com grau decrescente de orientação é fundamental para o desenvolvimento de competências investigativas pelos alunos, promovendo a sua familiarização com as diferentes etapas do processo investigativo para, mais tarde, serem capazes de as executar autonomamente (Banchi & Bell, 2008; NRC, 2000; Zion & Mendelovici, 2012). Todas estes formatos de investigação têm lugar na sala de aula e a escolha do grau de orientação a ser concedido aos alunos deverá ter em conta quais os resultados de aprendizagem pretendidos com a atividade. Quando se pretende reforçar um conceito previamente introduzido, o grau de orientação poderá ser maior. Por outro lado, caso o objetivo seja desenvolver competências investigativas nos alunos, o grau de orientação tenderá a ser menor de forma a potenciar a participação dos alunos nas diferentes etapas de investigação (Banchi & Bell, 2008; NRC, 2000). Adicionalmente, a familiaridade e a autonomia dos alunos perante as etapas de investigação devem ser tidas em consideração no momento de escolha do grau de orientação a fornecer durante as atividades. Alunos que tenham tido um menor contacto com esta metodologia de ensino necessitarão de uma orientação mais explícita do que aqueles que estão familiarizados com esta. A adoção precoce de uma variante menos orientada do EOI pode resultar na desmotivação e no desinteresse dos alunos em envolver-se em processos investigativos (Heindl, 2019; Lazonder & Harmsen, 2016).

O conhecimento prévio dos alunos deve ser tido em consideração aquando do planeamento de uma investigação a ser realizada em contexto escolar, pois as explicações sugeridas para o fenómeno em estudo têm por base as suas preconcepções (Bybee, 2006; NRC, 2000). Deve-se adaptar os requisitos necessários para uma investigação em sala de aula ao conhecimento prévio dos alunos, suportando, assim,

uma aprendizagem bem-sucedida. Esta adaptação geralmente consiste no ajuste do grau de orientação a ser fornecido durante a investigação (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Esta necessidade de criar uma ponte entre o conhecimento que os alunos possuem e aquele que se pretende que aprendam tem como base os fundamentos teóricos do construtivismo. O construtivismo defende que o conhecimento prévio dos alunos influencia o seu processo de aprendizagem e que para este ocorrer devem ser criadas condições que permitam relacionar o seu conhecimento prévio com a nova informação. Quando estas condições são garantidas, o processo de aprendizagem tem maior probabilidade de ser bem-sucedido. O construtivismo também defende que o trabalho cooperativo tem um papel importante na construção de conhecimento (Olusegun, 2015). Durante a aprendizagem por investigação, os alunos são incentivados a trabalhar em grupo, a partilhar conhecimento entre si e a tomar decisões em conjunto de modo a completar as etapas de investigação com sucesso (Khalaf, 2018).

O EOI tem mostrado ser eficaz no desenvolvimento de competências investigativas e de atitudes positivas sobre ciência nos alunos e o consequente aumento da sua motivação em aprender ciência (Cairns & Areepattamannil, 2019; Chi et al., 2021; Firman et al., 2019; Huang, 2021; Kang & Keinonen, 2018; Mcconney et al., 2014; Potvin et al., 2017; Putu & Hikmawati, 2021; Walker & Warfa, 2017). Esta motivação e interesse crescente deve-se ao fator novidade que esta metodologia de ensino traz para a sala de aula, à maior autonomia cedida aos alunos durante a investigação, ao envolvimento social e à atividade física que ocorrem durante a investigação (Cairns & Areepattamannil, 2019). Os alunos mais interessados em ciência tendem a ter um melhor desempenho, a dispor de níveis mais elevados de autorregulação e a dedicar mais tempo a aprender sobre ciência (Chi et al., 2021). O EOI tem, também, sido apontado como uma metodologia eficaz no ensino do conteúdo científico, quando a orientação fornecida aos alunos é adequada às suas capacidades e competências e aos objetivos de aprendizagem da aula (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

Pode-se, então, afirmar que o EOI tem o potencial de ensinar sobre o conteúdo científico quando a orientação fornecida é adequada, ao mesmo tempo que desperta nos alunos interesse e motivação para aprender sobre ciência. A sua implementação parece ser eficaz no desenvolvimento de competências nos alunos, como a autonomia, a autorregulação, o pensamento crítico e o raciocínio. Estas competências são essenciais para os alunos que planeiam seguir uma carreira científica, mas não são exclusivas deste ambiente profissional. Jovens que não pretendam enveredar pelo ramo científico também beneficiam destas competências, tornando-se em cidadãos informados

capazes de formular questões e de procurar as respostas a essas questões como forma de resolver problemas, individualmente ou colaborativamente. O desenvolvimento de competências é, então, essencial para o sucesso social e profissional dos jovens (Deboer, 2006).

2.2. Simuladores no ensino das ciências

Um simulador é um programa virtual interativo que foi construído baseado num modelo subjacente a um fenómeno natural e científico, contendo uma representação desse sistema ou fenómeno (D'Angelo et al., 2014; de Jong, 2016). É importante que o programa inclua interatividade por parte do utilizador, caso isto não se verifique este não pode ser classificado como simulador (D'Angelo et al., 2014). Normalmente, os simuladores permitem alterar o valor das variáveis e observar o efeito no sistema em estudo. O objetivo didático de um simulador é permitir que os alunos explorem o modelo que este representa por meio de uma investigação (de Jong, 2016).

O desenvolvimento tecnológico coloca ao dispor dos professores novas ferramentas que podem ser utilizadas para fins didáticos. Os simuladores virtuais têm recebido progressivamente uma maior atenção devido à sua aplicabilidade no ensino das ciências. Estes programas permitem a realização de investigações de fenómenos autênticos e têm sido utilizados como recurso no EOI (Cayvaz et al., 2020; Kuang et al., 2020; Wang et al., 2021).

A utilização de simuladores no EOI está associada a diversas vantagens, tais como tornar visíveis fenómenos que, de outra forma, não seriam possíveis de observar, simplificar fenómenos complexos de modo a promover a sua compreensão, permitir a repetição de uma experiência sem gastar recursos complementares e realizar uma experiência num período de tempo mais curto, comparativamente ao tempo real da sua implementação em laboratório (Bell & Smetana, 2008; Cayvaz et al., 2020; Olympiou et al., 2013). As simulações são utilizadas quando a realização da experiência análoga em contexto laboratorial seria morosa, dispendiosa e/ou perigosa (Heradio et al., 2016). Estes recursos educativos também podem ser implementados antes de uma aula laboratorial, de modo a familiarizar os alunos com os procedimentos (Dyrberg et al., 2017; Sypsas & Kalles, 2018). Durante a exploração de um simulador, os alunos podem facilmente reexecutar a experiência para confirmar os resultados obtidos ou para proporcionar uma melhor compreensão do fenómeno em estudo (Mulder et al., 2015). A utilização de simuladores permite dotar os alunos de uma maior liberdade e autonomia durante a exploração das suas hipóteses sem despende de recursos materiais e de

tempo excessivo. Por este motivo, este recurso educativo pode ser utilizado para promover o desenvolvimento de competências inerentes à investigação científica. A orientação fornecida durante estas atividades é essencial para a correta finalização de cada etapa de investigação e consequente elaboração de conclusões válidas (de Jong, 2016).

A eficácia do uso de simuladores no EOI depende de vários fatores, como o conhecimento prévio dos alunos e a orientação que lhes é fornecida durante as atividades (Capelo & Silva, 2020).

Vários estudos têm concluído que o recurso a simuladores virtuais permite que os alunos confrontem as suas preconcepções com as concepções científicas sobre os fenómenos estudados através da sua visualização. A observação dos fenómenos durante a simulação permite que os conceitos abstratos se transformem em representações perceptíveis para os alunos, promovendo a sua compreensão. A visualização facilita, assim, a integração cognitiva do novo conhecimento com o já existente, favorecendo a construção de conhecimento e, portanto, o processo de aprendizagem (Srisawasdi & Panjaburee, 2015; Wang et al., 2021).

A literatura indica, também, que quando a orientação é adequada, a aprendizagem do conteúdo científico e o desenvolvimento de competências investigativas é apoiada pelo EOI com simuladores (Capelo & Silva, 2020; Cayvaz et al., 2020; D'Angelo et al., 2014; Juwariyah et al., 2017; Kuang et al., 2020; Wang et al., 2021). Pode-se, então, afirmar que a eficácia do recurso a simuladores durante o EOI é dependente de uma orientação apropriada. Tal conclusão é coincidente com a importância da orientação no EOI, o que indica que o papel do professor durante qualquer investigação em sala de aula é importante para garantir o seu êxito (Lazonder & Harmsen, 2016).

Apesar das vantagens referidas anteriormente, os simuladores não devem substituir o trabalho em laboratório físico. Durante uma investigação em laboratório físico, os alunos podem deparar-se com resultados inesperados ou ambíguos, o que não é provável de ocorrer quando se recorre a simuladores. Assim, o trabalho em laboratório físico permite que os alunos contactem com as dificuldades reais enfrentadas pelos cientistas e, ao tentar ultrapassar as adversidades com as quais se deparam, os discentes desenvolvam uma resiliência necessária para o trabalho científico. Durante a discussão e interpretação destes resultados inesperados os alunos aplicam e desenvolvem diversas competências, como a de raciocínio e de resolução de problemas (Puntambekar et al., 2021). Adicionalmente, a realização de atividades em laboratórios físicos possibilita que os alunos desenvolvam habilidades necessárias para o trabalho científico como, por

exemplo, a realizar medições. Estas habilidades são difíceis de adquirir através do recurso a simuladores, pois requerem a repetição mecânica de um ato para possibilitar a sua correta execução (Son et al., 2016). Dito isto, os simuladores podem servir como complemento a um trabalho laboratorial ou como uma alternativa ao trabalho em laboratório físico quando este não é uma opção viável (Kapici et al., 2019; Puntambekar et al., 2021).

2.3. O ensino da ecologia

A população tende a construir uma visão simplificada sobre a ecologia e o trabalho do ecólogo, subestimando a complexidade associada a esta área científica. Esta perspetiva torna o ensino desta área científica desafiador, ao mesmo tempo que enfatiza a importância de educar os alunos sobre a complexidade inerente ao estudo dos ecossistemas (Cooke et al., 2021). Para tal, é fundamental realizar trabalhos práticos em contexto escolar que permitam que os alunos consolidem e mobilizem conceitos enquanto adquirem uma noção de como é realizado o trabalho pelos profissionais desta área científica.

A ecologia é uma ciência realizada no campo e em laboratório. O trabalho experimental é usado frequentemente por ecólogos para responder a questões teóricas ou aplicadas. Dito isto, abordar a temática da ecologia em contexto escolar sem recorrer a trabalhos experimentais priva os alunos de formar uma noção real de como é o trabalho realizado nesta área científica e pode resultar na perceção de que a ecologia é uma ciência não experimental e com pouca aplicabilidade prática (Finn et al., 2002).

O trabalho experimental efetuado nesta área científica é, frequentemente, realizado no campo, onde não é possível ter controlo sobre todas as variáveis. Por este motivo, estas investigações são de longa duração e os resultados obtidos não são de fácil interpretação. Para superar esta última barreira, os cientistas realizam o trabalho experimental a várias escalas e monitorizam o sistema em estudo durante um longo período de tempo após terem realizado a manipulação das variáveis (Hairston et al., 1989; Knapp et al., 2012). Dito isto, torna-se difícil a implementação deste tipo de atividades experimentais em contexto escolar, tanto pela sua complexidade como pela duração. Como forma de ultrapassar estas barreiras têm sido utilizadas simulações no ensino da ecologia.

2.3.1. Ensino orientado para a investigação com recurso a simuladores

O recurso a simuladores no ensino da ecologia permite ter maior controlo sobre as variáveis, dado que a experiência não é influenciada por fatores externos. Consequentemente, os resultados obtidos são de interpretação acessível aos alunos (Bell & Smetana, 2008). Vários estudos evidenciam que os alunos têm dificuldade na apreensão dos conceitos de ecologia e, consequentemente, na mobilização destes para analisar diferentes cenários (Butler et al., 2015; Lintang et al., 2021; Yücel & Özkan, 2015). Como as simulações são simplificações de fenómenos complexos, o seu uso em temáticas nas quais os alunos apresentam dificuldades de compreensão é benéfico, pois permite a visualização isolada destes fenómenos, o que contribui para a aprendizagem do conteúdo em estudo (Bell & Smetana, 2008; Cayvaz et al., 2020). Dado que o trabalho experimental realizado por ecólogos necessita de uma vigilância prolongada do sistema em estudo, o recurso a simuladores torna-se particularmente vantajoso, visto que estes permitem realizar experiências e recolher dados num espaço de tempo muito mais curto comparativamente à implementação da mesma experiência num laboratório físico ou no campo (Bell & Smetana, 2008; Heradio et al., 2016).

O EOI com simuladores tem sido aplicado no ensino da ecologia e os resultados obtidos têm-se mostrado favoráveis. Os autores destes estudos relatam que os participantes desenvolveram um maior domínio e compreensão concetual, recorreram a competências investigativas durante a realização da investigação e foram capazes de interpretar os dados recolhidos a partir do simulador (Dede et al., 2017; Grotzer et al., 2017; Metcalf et al., 2016; Metcalf et al., 2017; Thompson et al., 2016). Tais resultados mostram que o uso de simuladores no ensino desta temática consegue promover o desenvolvimento de competências inerentes ao trabalho científico nos alunos e a consolidação dos conceitos científicos.

3. Intervenção pedagógica

Foi concebido um PI para responder ao problema e aos objetivos de investigação definidos e apresentados no primeiro capítulo. O PI foi implementado numa escola de 3º ciclo do ensino básico e ensino secundário da área metropolitana do Porto, com uma turma do 8º ano de escolaridade. Dito isto, o presente capítulo inclui a planificação e recursos didáticos utilizados durante a investigação e uma caracterização das aulas que integraram o PI.

3.1. Planificação

A planificação é um processo complexo de reflexão realizado pelo docente num momento anterior à aula, no qual a prática é pensada e estruturada antes de ser realizada. Este momento permite ao docente organizar a aula e definir os objetivos de aprendizagem que pretende que os alunos atinjam. Assim, através da planificação, o professor realiza uma previsão dos momentos que terão lugar durante a aula, define as temáticas a abordar, as estratégias a implementar e os instrumentos de avaliação. Desta forma, a planificação das aulas permite ao professor organizar o seu trabalho e reunir os recursos didáticos necessários para a finalidade de cada aula de forma antecipada. Uma planificação não deverá ser encarada como uma prescrição, mas antes como um guião cujo rumo poderá ser alterado para acomodar potenciais imprevistos, procurando que o processo educativo tenha sentido e significado para os alunos (Barroso, 2013; Moreira & Duarte, 2019). A planificação das atividades letivas contribui para a melhoria do processo educativo, dado que a sua produção se debruça na ponderação e reflexão sobre a prática docente (Barroso, 2013).

Foi realizada uma planificação das aulas a integrar o PI, na qual foram definidos os seus objetivos e finalidade e descritas todas as etapas das aulas (Apêndice 1). A planificação foi idealizada para seis aulas, das quais três têm a duração de 50 minutos e três de 100 minutos, correspondendo a nove blocos horários de 50 minutos.

Os recursos educativos utilizados nestas aulas foram um simulador da plataforma *online* Go-Lab (<https://www.golabz.eu/lab/barnacle-competition-new>), um documento explicativo do simulador (Apêndice 2) uma apresentação em suporte PowerPoint (Apêndice 3) e uma ficha de trabalho (Apêndice 4). A ficha de trabalho foi dividida em duas partes, cada uma constituída por três tarefas.

3.2. Caracterização das aulas

O PI apresentado neste documento pretendia familiarizar os alunos de uma turma de 8º ano de escolaridade com as etapas que integram uma investigação, nomeadamente a elaboração de um procedimento, formulação de hipóteses, a recolha de dados, a interpretação dos dados recolhidos e a elaboração de uma conclusão. Para tal, foram propostas aos alunos várias tarefas, incluídas na ficha de trabalho que lhes foi fornecida. A investigação foi realizada com recurso a um simulador.

A primeira aula foi dedicada à introdução da temática, à exploração do simulador e à elaboração de um procedimento. Inicialmente, foi realizada, pela professora-investigadora, uma apresentação sobre a zona intertidal e características das espécies que habitam neste ecossistema, com auxílio de um PowerPoint. Foram, também, explorados os fatores que condicionam a presença e distribuição de espécies num ecossistema e foi apresentado o conceito de nicho ecológico. Durante esta apresentação, a professora-investigadora realizou desenhos e esquemas no quadro, de modo a completar a informação que não estava discriminada no PowerPoint e a esclarecer dúvidas que os alunos foram colocando. Houve momentos de interação com a turma, nos quais os alunos foram estimulados a responder a questões colocadas pela professora-investigadora. Seguiu-se a exploração do simulador pelo grupo-turma. Para tal, foi distribuído pelos alunos um documento explicativo com a legenda e descrição das funcionalidades do simulador utilizado. Foi também projetado o monitor do computador da professora-investigadora e realizada a exploração do simulador pela turma em conjunto. Para tal, a professora-investigadora permitiu que os alunos propusessem quais os botões a selecionar, de forma a verificar qual a função de cada um. Averiguaram, também, quais os dados possíveis de recolher a partir do simulador. Na segunda metade desta aula, foram formados grupos de trabalho, previamente definidos pela professora-investigadora, e o contexto da investigação presente na ficha de trabalho foi explorado por cada um dos grupos. Seguiu-se a realização da primeira tarefa da ficha de trabalho fornecida. Esta tarefa incidiu sobre a elaboração de um procedimento para responder à questão de investigação apresentada na ficha de trabalho.

A segunda aula incidiu sobre a elaboração de um procedimento comum a todos os grupos de trabalho. Dado que os alunos não estão acostumados a realizar este tipo de exercício, cada grupo partilhou o procedimento que elaborou com o grupo-turma. Para tal, um elemento de cada grupo escreveu no quadro o procedimento que havia elaborado (Figura 1). Seguiu-se uma discussão no grande grupo, durante a qual foram destacados os pontos fortes de cada procedimento e o que poderia ser melhorado.

Durante esta fase da aula, a professora-investigadora destacou a necessidade de utilizar uma linguagem precisa na escrita de um procedimento e reforçou a importância do grupo de controlo no trabalho experimental. Com a orientação da professora investigadora, foi definido, no grupo-turma, um procedimento final a ser reproduzido por todos os grupos na aula seguinte.

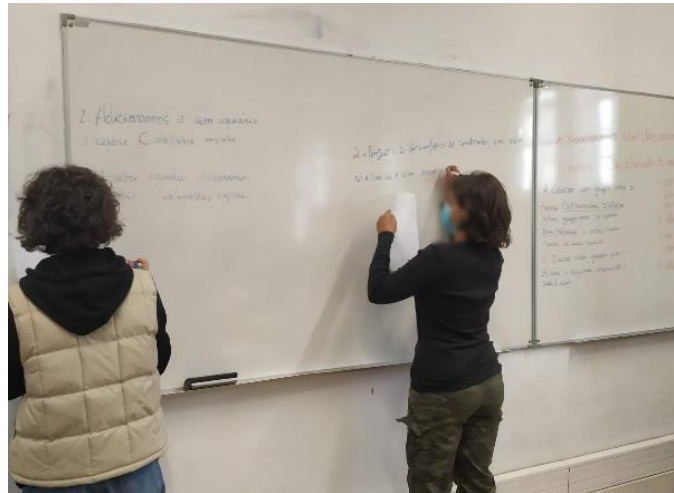


Figura 1. Partilha dos procedimentos elaborados pelos grupos de trabalho.

Durante a terceira aula, foi realizada a segunda tarefa da ficha de trabalho que consistiu na reprodução dos passos do procedimento. Os grupos recolheram os dados obtidos durante a experiência (Figura 2), registando-os na secção da ficha de trabalho dedicada à recolha de dados. Esta ficha continha indicações sobre como realizar este registo e sobre os dados que deveriam ser recolhidos. A professora-investigadora foi circulando por todos os grupos, orientando os alunos e esclarecendo as dúvidas que foram surgindo.



Figura 2. Realização da experiência no simulador e recolha dos dados pelos grupos de trabalho.

Na quarta aula, os grupos realizaram a terceira tarefa da primeira parte da ficha de trabalho. Durante esta tarefa, os alunos escreveram uma conclusão para a questão de investigação apresentada na primeira aula do PI. De forma a orientar os alunos durante esta etapa, a ficha de trabalho continha questões que requeriam a interpretação dos dados recolhidos. Para responder a estas questões foi necessário que os alunos relacionassem o seu conhecimento teórico com os dados obtidos. Após a resposta a estas questões, os alunos procederam à elaboração da conclusão da investigação. No final da investigação, cada grupo divulgou a sua conclusão, escrevendo-a no quadro (Figura 3). De seguida, ocorreu uma nova discussão na turma com o objetivo de verificar se a conclusão apresentada pelos grupos respondia à questão de investigação. No final desta etapa deu-se por terminada a primeira parte da ficha de trabalho.

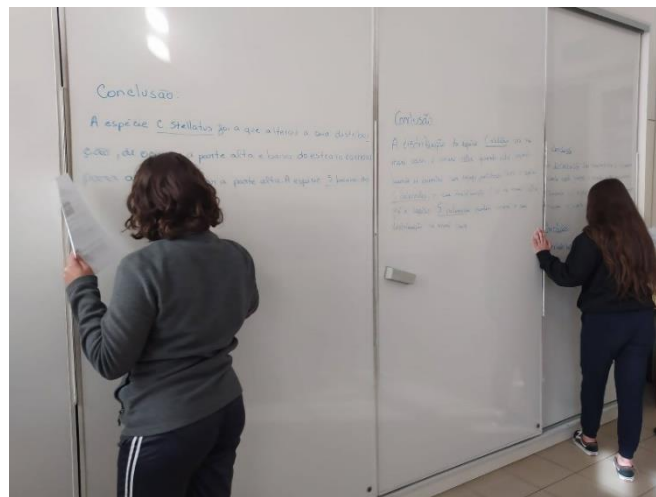


Figura 3. Partilha das conclusões formuladas pelos grupos.

Na quinta aula, foi apresentada uma nova questão de investigação e os grupos realizaram a segunda parte da ficha de trabalho.

A primeira tarefa desta parte da ficha de trabalho consistia na elaboração de uma hipótese pelos grupos. Antes de se proceder à realização desta tarefa, a professora-investigadora explicou à turma em que consiste e como se escreve uma hipótese. A definição de hipótese estava, também, discriminada na ficha de trabalho. Os grupos procederam à formulação de uma hipótese para o cenário de investigação que fora apresentado anteriormente. Após esta tarefa, os grupos partilharam com a turma a hipótese formulada, através do seu registo no quadro.

Na ficha de trabalho, foi apresentado um procedimento com espaços em branco por completar. Estes espaços foram preenchidos, pelo grande grupo, de acordo com os valores utilizados no procedimento da experiência anterior (ex: se na experiência anterior os dados eram recolhidos de 5 em 5 dias, nesta também será nesse intervalo

de tempo), de modo a possibilitar a comparação de resultados. Após o procedimento estar devidamente elaborado, os grupos de trabalho procederam à realização da experiência (Figura 4) e ao registo dos resultados obtidos na secção da ficha de trabalho destinada a esta tarefa (Figura 5).



Figura 4. Realização da experiência no simulador pelos grupos de trabalho.

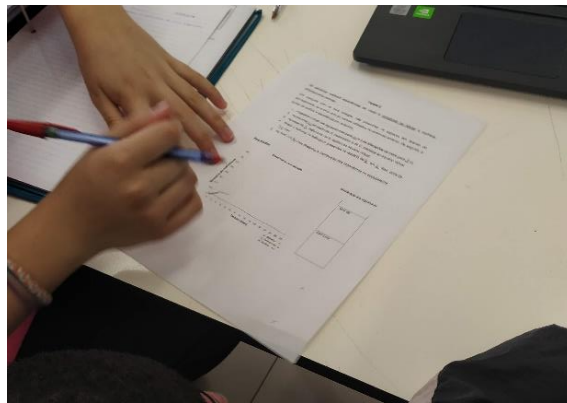


Figura 5. Registo dos dados obtidos durante a experiência.

Para realizar a terceira tarefa, os grupos de trabalho tiveram de responder a questões presentes na ficha de trabalho. Os grupos confrontaram os resultados obtidos com a hipótese formulada, corroborando ou refutando essa hipótese. Na última questão, os alunos elaboraram uma conclusão, que partilharam com o grupo turma.

Nos primeiros momentos da sexta aula a professora-investigadora explicou à turma o conceito de “zonação vertical”, apresentou as zonas que constituem o intertidal rochoso e as adaptações dos seres vivos que habitam neste ecossistema com recurso a uma apresentação PowerPoint. De seguida, os alunos procederam à realização do teste cognitivo de forma individual.

Deu-se, assim, por terminadas as aulas dedicadas ao PI.

4. Metodologia de investigação

Este capítulo explora a metodologia de investigação utilizada no presente estudo e faz uma breve descrição da amostra, das técnicas e dos instrumentos de recolha de dados. São, também, tratadas as questões de ética referentes à presente investigação.

A metodologia de investigação selecionada para o presente estudo foi a Investigação-Ação, que se apoiou no método qualitativo e numa testagem após a aplicação do PI.

4.1. Investigação-Ação

A Investigação-Ação (I-A) é caracterizada como uma metodologia de investigação que visa promover a reflexão sobre uma prática, de modo a implementar mudanças nesta. Para tal, a I-A envolve, tipicamente, uma intervenção de pequena escala no contexto real em que o fenómeno a estudar ocorre e a avaliação do seu efeito através da combinação de ação e de reflexão (Cohen et al., 2017). A I-A é constituída por quatro etapas: o planeamento, a ação, a observação e a reflexão. Numa primeira fase, é definido o problema, procedendo-se à planificação de uma ação com o intuito de incitar uma mudança. Segue-se a implementação do plano e a recolha dos resultados obtidos, que serão alvo de uma reflexão por parte do investigador. Após esta reflexão, o problema é reconcetualizado e é delineado um novo plano de ação, repetindo-se, assim, todo o processo através de um novo ciclo da espiral (Figura 6) (Hudson et al., 2006). A interpretação dos dados recolhidos tem em conta o conhecimento adquirido nos ciclos precedentes (Coutinho, 2018).

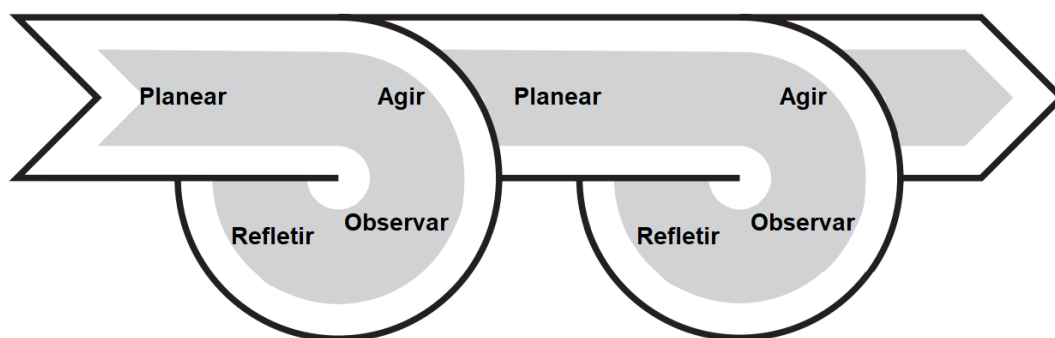


Figura 6. Representação esquemática dos ciclos da espiral da I-A. Adaptado de Hudson et al. (2006, p. 581).

A I-A produz conhecimento prático que é útil no quotidiano. Esta metodologia de investigação tem a capacidade de reduzir a lacuna existente entre a investigação e a prática, contribuindo para impactar e estimular a melhoria desta última (Cohen et al., 2017; Koshy, 2009).

A A-I é comumente aplicada por docentes como forma de examinar e refletir sobre as suas práticas pedagógicas, contribuindo para uma melhoria contínua destas práticas (Clark et al., 2020; Coutinho, 2018).

4.1.1. O professor-investigador

Na prática docente é essencial que este profissional se envolva em práticas reflexivas. Uma prática reflexiva é um processo de avaliação das próprias práticas, na qual o professor analisa a forma como os conteúdos foram ensinados e como a sua prática poderá ser melhorada ou alterada (Mathew et al., 2017; Sellars, 2017). Esta reflexão constante torna o docente num professor-investigador que se envolve na busca interminável pelo aprimoramento da sua prática. Para isto, o docente deverá recolher informação sobre a dinâmica da sua sala de aula e resultados da aprendizagem dos alunos. Através da análise e avaliação da informação recolhida, o professor-investigador explora as suas práticas e crenças, com a finalidade de reconhecer os pontos fortes e fracos do seu método de ensino (Akkoyunlu et al., 2016; Mathew et al., 2017). Este ato reflexivo é um processo cíclico, dado que a partir do momento que se inicia a implementação de alterações na prática, o ciclo reflexivo e avaliativo recomeça (Mathew et al., 2017). Esta autoanálise constante gera mudanças e melhorias na forma de ensinar. A prática de um ensino reflexivo é, então, um processo benéfico para o desenvolvimento destes profissionais, tanto no início da sua carreira como ao longo desta (Mathew et al., 2017; Sellars, 2017).

Dado que este processo reflexivo é essencial no desenvolvimento profissional dos docentes, a sua execução durante a formação inicial de professores traz benefícios para a sua prática futura. Ao envolverem-se neste processo cíclico de autoavaliação e reflexão, os professores estagiários desenvolvem a capacidade de identificar e reagir aos problemas que enfrentam durante a sua formação, iniciando-se, assim, a sua evolução para se tornarem em professores competentes (Mathew et al., 2017). Ao aprender a realizar uma prática reflexiva, o professor estagiário desenvolve competências necessárias à sua prática profissional futura.

4.2. Caracterização da amostra

A presente investigação foi implementada numa turma de 8º ano de escolaridade constituída por 16 alunos com idades compreendidas entre os 13 e 17 anos, com metade dos participantes do sexo feminino e a outra metade do sexo masculino. A turma é, na sua maioria, de nacionalidade portuguesa, à exceção de 3 alunos do sexo masculino que são de nacionalidade brasileira. A turma integra 2 alunas com necessidades educativas especiais, ambas com baixa visão. Todos os alunos são residentes do distrito do Porto e nenhum se encontra a repetir o 8º ano de escolaridade.

A amostra descrita é uma amostra de conveniência, dado que o grupo em estudo é uma turma que foi constituída no início do ano letivo (Coutinho, 2018). Esta amostra é, também, não probabilística e não representativa, pelo que não se pode generalizar os resultados obtidos nesta investigação à população em estudo (Cohen et al., 2017; Coutinho, 2018). Contudo, a recolha de dados permite obter indicadores para os critérios avaliados.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A recolha de dados recorreu às técnicas de observação e de testagem. Os instrumentos utilizados foram duas grelhas de observação, uma para a avaliação individual e outra para a grupal, e um teste cognitivo. Para não perturbar o funcionamento da aula, os instrumentos utilizados para a recolha de dados durante o PI foram os recursos de avaliação.

4.3.1. Grelhas de observação

A observação é uma técnica muito utilizada na investigação em ciências sociais. Esta técnica consiste na observação e registo sistemáticos dos comportamentos e das atividades realizados pela amostra em estudo. O observador recorre aos sentidos para recolher dados no seu contexto natural, pelo que estes refletem os comportamentos reais dos participantes (Cohen et al., 2017). O objetivo da observação é obter um panorama de características previamente definidas de um indivíduo ou grupo (Price et al., 2017).

O presente estudo recorreu à observação do tipo estruturada, dado que o observador sabia *a priori* quais os comportamentos que seriam alvo de registo e a descrição dos níveis de desempenho atribuídos a cada um (Cohen et al., 2017; Price et al., 2017). O

observador focou-se apenas nos critérios definidos, reduzindo, assim, a subjetividade que poderá estar associada à técnica de observação (Price et al., 2017).

Os instrumentos de recolha de dados utilizados no presente estudo foram duas grelhas de observação, uma para observação individual (Apêndice 5) e outra grupal (Apêndice 6). Na grelha individual foram registadas as observações sobre as atitudes, comportamentos e envolvimento de cada aluno durante o PI. Na grelha grupal foi anotado o desempenho dos grupos formados durante a realização das tarefas propostas. Estas grelhas de observação foram elaboradas antes da aplicação do PI e os critérios foram bem definidos, com uma descrição que corresponde aos diferentes níveis de desempenho, de modo a orientar os observadores no registo das observações realizadas.

Para a grelha de observação individual foram definidos quatro critérios de avaliação, com três níveis de desempenho para cada (Quadro 4).

Quadro 4. Critérios de observação individual e respetivos níveis de desempenho.

Critérios	Níveis de desempenho	
Motivação	1	O aluno não revela iniciativa nem empenho na realização das tarefas e desiste facilmente.
	2	O aluno revela alguma iniciativa e algum empenho, mas não demonstra persistência na realização das tarefas.
	3	O aluno revela iniciativa, empenho e persistência na realização das tarefas.
Atenção	1	O aluno não está concentrado durante a realização das tarefas.
	2	O aluno está concentrado durante a realização de algumas das tarefas.
	3	O aluno está concentrado durante a realização de todas as tarefas.
Interação e comunicação	1	O aluno não comunica nem interage com os colegas do grupo.
	2	O aluno comunica e interage com os colegas durante algumas das etapas de investigação.
	3	O aluno comunica e interage com os colegas do grupo durante todas as etapas da investigação.

Cooperação nas tarefas	1	O aluno não coopera nem apoia os colegas na concretização das tarefas.
	2	O aluno coopera e apoia os colegas na concretização de algumas tarefas.
	3	O aluno coopera e apoia os colegas na concretização de todas as tarefas.

Para a grelha de observação grupal foram definidos quatro critérios, com três níveis de desempenho para cada (Quadro 5).

Quadro 5. Critérios de observação dos grupos e respetivos níveis de desempenho.

Critérios	Níveis de desempenho	
Elaboração do procedimento	1	O grupo não elaborou o procedimento.
	2	O grupo elaborou um procedimento incompleto, com algumas etapas em falta.
	3	O grupo elaborou um procedimento completo e sequencial.
Registo de dados	1	O grupo não registou os dados.
	2	O grupo registou alguns dados.
	3	O grupo registou todos os dados corretamente.
Formulação da conclusão	1	O grupo não formulou uma conclusão.
	2	O grupo formulou uma conclusão incompleta, respondendo parcialmente à questão de investigação.
	3	O grupo formulou uma conclusão que responde à questão de investigação.
Formulação de uma hipótese	1	O grupo não formulou uma hipótese.
	2	O grupo formulou uma hipótese inadequada à questão de investigação.
	3	O grupo formulou uma hipótese adequada à questão de investigação.

As grelhas de observação foram ambas preenchidas por dois observadores passivos durante as aulas do PI, ou seja, observadores que não interagiram com os discentes (Cohen et al., 2017; Gay et al., 2012).

4.3.2. Teste cognitivo

Um teste é um instrumento de recolha de dados que é implementado em contexto formal de sala de aula. A realização de um teste é um momento de trabalho prático com recurso a papel e caneta, no qual é recolhida informação sobre os domínios cognitivos e/ou afetivos dos participantes. Na presente investigação recorreu-se a um teste cognitivo para avaliar processos intelectuais dos participantes, como a capacidade de resolução de problemas, de análise de fenómenos e de aplicação de conhecimento a diferentes contextos (Gay et al., 2012).

Um teste pode ser constituído por itens fechados, como de seleção (escolha múltipla, verdadeiros e falsos e de correspondência) e de ordenação, ou de resposta aberta (de resposta curta, itens de preenchimento de espaços ou escrita de textos) (Gay et al., 2012).

No presente estudo foi administrado um teste cognitivo (Apêndice 7) constituído por oito itens de seleção, um de ordenação e um de resposta aberta curta. O primeiro grupo deste teste cognitivo continha questões que pretendiam avaliar os conhecimentos sobre a temática científica abordada. O segundo e terceiro grupo abarcavam questões sobre os processos investigativos que os discentes tiveram de aplicar durante as aulas do PI. Os itens pertencentes aos grupos II e III foram adaptados de dois testes previamente validados: o *Test of Scientific Literacy Skills* (TOSLS) e o *Scientific Inquiry Literacy Test* (ScInqLiT) (Gormally et al., 2012; Wenning, 2007). O primeiro item do segundo grupo do teste cognitivo foi adaptado do TOSLS, os restantes itens do segundo e terceiro grupo foram baseados no ScInqLiT.

No Quadro 6 são apresentadas a tipologia e o objetivo investigacional de cada item presente no teste cognitivo.

Quadro 6. Tipologia e objetivo investigacional de cada questão do teste cognitivo.

	Questão	Tipo de item	Objetivo investigacional
Grupo I	1	Aberta	Verificar se os alunos são capazes de identificar relações bióticas
	2	Fechada	Perceber se os discentes conseguem mobilizar os conhecimentos teóricos sobre a dinâmica dos ecossistemas para interpretar gráficos
	3	Fechada	
	4	Fechada	Averiguar se os alunos identificam os fatores que influenciam a distribuição dos seres vivos num ecossistema
	5	Fechada	Determinar se os discentes conseguem realizar uma previsão com base no conhecimento teórico sobre as dinâmicas dos ecossistemas
Grupo II	1	Fechada	Verificar se os alunos são capazes de selecionar o gráfico com os dados apresentados
	2	Fechada	Averiguar se os alunos compreendem a importância da presença de um grupo de controlo durante a realização de um trabalho experimental
	3	Fechada	Avaliar se os discentes ordenam corretamente as etapas de uma investigação
Grupo III	1	Fechada	Assegurar se os discentes indicam uma conclusão correta para a questão de investigação apresentada
	2	Fechada	Certificar que os alunos são capazes de identificar uma hipótese para uma questão de investigação

O teste cognitivo foi realizado pelos alunos na última aula do PI.

4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

A validade e a fidelidade são características que um instrumento de recolha de dados deve assegurar para garantir a qualidade dos dados recolhidos e, consequentemente, da investigação (Coutinho, 2018).

A validade de um instrumento indica a precisão com que este mede o que se pressupõe a medir, permitindo a correta interpretação dos resultados obtidos durante a investigação (Coutinho, 2018; Gay et al., 2012). A fidelidade refere-se à consistência da informação recolhida por um instrumento. Assim, um instrumento de recolha de dados é fiável se obtiver os mesmos resultados quando aplicado ao mesmo fenómeno em momentos diferentes (Coutinho, 2018).

Foi feita uma validação de conteúdo apoiada na revisão da literatura da especialidade e, posteriormente, os instrumentos de recolha de dados foram apresentados a um painel de avaliadores constituído por docentes da escola onde foi implementado o PI. A fidelidade das grelhas de observação foi garantida pelo seu preenchimento por dois observadores durante o PI, tendo sido registado uma concordância de 81% para a grelha individual e de 100% para a grelha grupal. A fidelidade do teste cognitivo foi assegurada pela análise deste instrumento por docentes pertencentes à escola onde decorreu o estágio. Adicionalmente, os itens presentes nos grupos II e III foram adaptados de testes publicados na literatura por Wenning (2007) e por Gormally e colaboradores (2012), atestando a sua fidelidade.

4.5. Questões de ética

Ao realizar uma investigação, o investigador deve recolher o consentimento informado por parte dos participantes ou do seu representante, quando este não é capaz de o fornecer. O consentimento informado é definido como o procedimento no qual os indivíduos escolhem se pretendem participar numa investigação após terem sido informados sobre em que consiste o estudo e o que exigirá a sua participação neste. Garante-se, assim, que os indivíduos escolhem de forma informada e voluntária participar, ou não, numa investigação (Cohen et al., 2017).

A investigação em educação envolve, muitas vezes, crianças ou jovens menores de idade. Considera-se que estes jovens não têm idade nem maturidade para fornecer um consentimento informado para participar num estudo. Assim, quando os potenciais participantes de uma investigação são menores de idade, numa primeira fase, o consentimento é pedido aos adultos responsáveis pelas crianças ou jovens. Qualquer

objeção à participação do menor no estudo terá de ser respeitada (Cohen et al., 2017). Numa segunda fase, deve-se procurar o assentimento por parte dos participantes do estudo, ou seja, estes devem concordar em participar na investigação (Dockett & Perry, 2011).

Foi realizado um pedido de parecer à Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, cuja apreciação foi favorável à aplicação da presente investigação (referência: CE2022/p10).

Para o presente estudo, foi recolhido o consentimento informado junto dos Encarregados de Educação de acordo com as exigências éticas da investigação na área de educação em ciências. Também foi recolhido o assentimento dos alunos, atestando a concordância destes em participar no estudo. Os pedidos de consentimento e assentimento informado encontram-se nos Apêndices 8 e 9, respetivamente.

5. Resultados e discussão

Este capítulo destina-se à apresentação, ao tratamento e à discussão dos dados recolhidos durante a implementação do PI. A análise dos resultados foi realizada com recurso à estatística descritiva e à análise de conteúdo.

5.1. Grelha de observação individual

A grelha de observação individual permitiu analisar a motivação, a atenção, a interação e comunicação e a cooperação entre os alunos que constituíram cada grupo de trabalho durante a implementação do PI. Os dados obtidos a partir desta grelha de observação são apresentados no Apêndice 10. Estes resultados foram analisados com base nas frequências absolutas obtidas para cada critério (Figura 7).

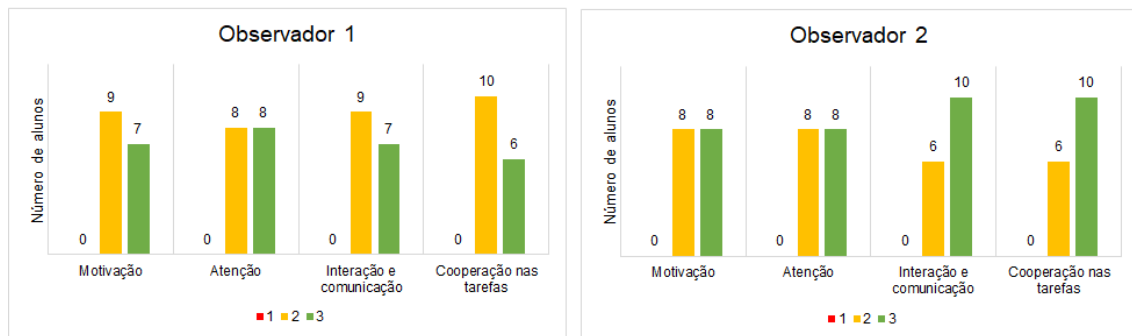


Figura 7. Representação gráfica dos resultados obtidos pelo preenchimento da grelha de observação individual (n=16) pelos observadores 1 e 2. Para cada critério, foi considerada a frequência absoluta referente a cada nível de desempenho definido.

Através da análise dos resultados, é possível denotar que o menor nível de desempenho não foi atribuído em nenhum critério, o que evidencia que os alunos se mostraram empenhados, com atenção, souberam interagir e comunicar com os colegas do grupo e cooperaram na maior parte das tarefas propostas. Também se verifica que os dados recolhidos pelos observadores 1 e 2 divergem quanto aos critérios “interação e comunicação” e “cooperação nas tarefas”. Em ambos os casos, o observador 1 assinalou mais frequentemente o nível de desempenho 2, enquanto o observador 2 registou mais vezes o nível 3.

Existe uma subjetividade associada ao uso de grelhas de observação pois, durante o processo de recolha de dados, não é possível aos observadores ignorarem as suas experiências passadas e convicções (Khatwani & Panhwar, 2019). Como os observadores haviam contactado, no passado, com os alunos que integraram o estudo, já tinham uma conceção criada sobre o seu desempenho e modo de estar em sala de

aula antes da aplicação do PI, o que poderá ter influenciado o preenchimento da grelha de observação. Apesar de a grelha utilizada ser estruturada, reduzindo o nível de subjetividade que lhe está associado, a observação nunca poderá ser considerada uma técnica de recolha de dados objetiva, podendo existir divergências nos dados recolhidos, como se verificou para os critérios “interação e comunicação” e “cooperação nas tarefas” (Cohen et al., 2017).

Apesar destas diferenças, ressalta-se que todos alunos comunicaram, interagiram e cooperaram durante as tarefas propostas. Esta predisposição para colaborar sugere que estes alunos detêm uma atitude positiva face ao trabalho de grupo. Estudos recentes têm evidenciado que o uso do EOI em contexto escolar promove o espírito de equipa e as competências associadas ao trabalho de grupo, como a colaboração e a comunicação (Dorfman et al., 2020; Fakayode, 2014). A implementação de trabalhos realizados em grupo em ambiente escolar é, então, imprescindível para desenvolver e dotar os alunos destas competências, que são essenciais para o relacionamento interpessoal e desempenham um papel importante nas relações pessoais e profissionais que se estabelecem ao longo da vida. Atualmente, as competências comunicativas e colaborativas são muito procuradas no mercado de trabalho, pelo que o seu desenvolvimento é crucial para o sucesso profissional dos jovens (Chu et al., 2017; Deming, 2017; Kim et al., 2019).

Ao analisar os dados apresentados na Figura 7 e no Apêndice 10, verifica-se que os resultados referentes à motivação e atenção recolhidos pelos dois observadores são semelhantes. Relativamente à motivação, averigua-se que cerca de metade dos alunos revelaram iniciativa, empenho e persistência durante a realização das tarefas. Os restantes discentes, que obtiveram um nível de desempenho de 2, mostraram-se empenhados, mas não demonstraram persistência durante as atividades que integraram o PI. Quanto à atenção, ambos os observadores registaram que oito alunos estiveram atentos durante todas as tarefas realizadas ao longo das aulas, enquanto os restantes oito se mostraram atentos apenas durante a realização de algumas das atividades. Em ambos os critérios, foi atribuído o nível de desempenho 2 a cerca de metade dos discentes e o nível 3 aos restantes.

A literatura tem evidenciado que o uso do EOI em sala de aula desenvolve atitudes positivas sobre ciência nos alunos e o aumento do seu interesse em aprender ciência (Bezen & Bayrak, 2020; Cairns & Areepattamannil, 2019; Chi et al., 2021; Kang & Keinonen, 2018; Potvin et al., 2017). Por sua vez, o interesse é uma fonte intrínseca de motivação para a aprendizagem e é um dos elementos emocionais essenciais para a

sustentação e perduração da atenção numa tarefa (Shah & Saleem, 2015; Silvia, 2008). A similaridade dos dados referentes a estes dois critérios justifica-se, então, pela origem intrínseca comum da atenção e da motivação. Quando interessados, os discentes persistem nas tarefas atribuídas, dedicam mais tempo ao estudo e acedem mais facilmente aos conhecimentos adquiridos, o que se reflete nos seus resultados académicos (Silvia, 2008). Assim, os alunos mais motivados e que são capazes de manter a atenção durante as aulas tendem a ter melhor desempenho escolar (Alavi et al., 2018; Cohen & Chang, 2018; Kamran et al., 2017; Kim & Pekrun, 2014; Sayal et al., 2015; Shah & Saleem, 2015). A motivação e a atenção surgem, portanto, como determinantes da aprendizagem e do sucesso académico dos discentes. Os resultados do presente estudo evidenciam que todos os alunos se mostraram motivados e atentos ao longo da sua implementação, o que sugere que a aplicação do EOI em contexto de sala de aula foi capaz de despertar o interesse dos alunos na temática tratada.

5.2. Grelha de observação grupal

A grelha de observação grupal permitiu analisar o desempenho de cada grupo durante as etapas da investigação que integraram o PI, nomeadamente a elaboração do procedimento, a formulação de uma hipótese, o registo de dados e a formulação de uma conclusão. Os dados obtidos a partir desta grelha de observação são apresentados no Apêndice 11. Estes resultados foram analisados com base nas frequências absolutas obtidas para cada critério (Figura 8).

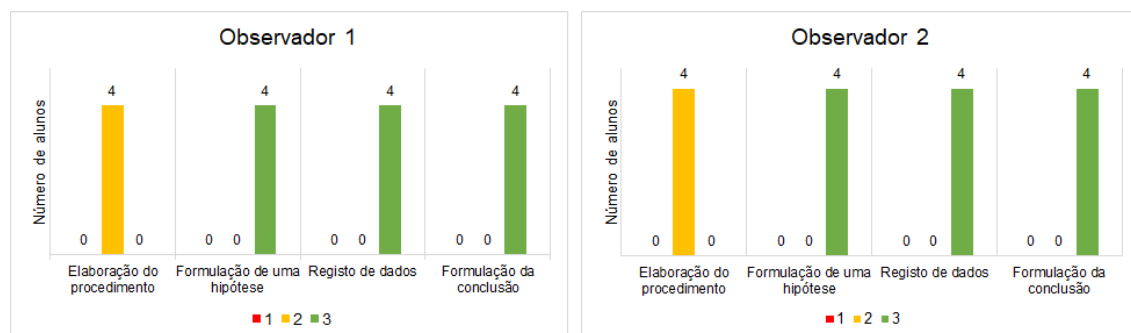


Figura 8. Representação gráfica dos resultados obtidos pelo preenchimento da grelha de observação grupal (n=4) pelos observadores 1 e 2. Para cada critério, foi considerado a frequência absoluta referente a cada nível de desempenho definido.

Numa primeira análise, verifica-se que os dados recolhidos pelos dois observadores são idênticos para todos os critérios, havendo uma concordância de 100%. Todos os grupos tiveram um nível de desempenho máximo para as tarefas, com a exceção do critério “elaboração do procedimento”.

Foi atribuído o nível de desempenho 2 a todos os grupos durante a etapa de elaboração do procedimento experimental pelos dois observadores, revelando que nenhum grupo de trabalho elaborou um procedimento completo. Tal como verificado em estudos anteriores, os procedimentos elaborados não eram suficientemente detalhados e tinham etapas em falta, pelo que a sua execução não permitia responder ao problema de investigação (Sujarittam et al., 2019; Szott, 2014). Vários autores reportam uma melhoria significativa da capacidade de planejar trabalhos laboratoriais ou experimentais quando os alunos exercem esta tarefa de forma repetida (Etkina et al., 2006; Lefkos et al., 2011; Szott, 2014). Assim, a literatura sugere que, com a prática regular desta etapa de investigação, os alunos tendem a tornar-se cada vez mais autónomos e capazes de elaborar procedimentos mais detalhados e com uma linguagem mais precisa (Etkina et al., 2006; Szott, 2014). Galvão e colaboradores (2017) avaliaram a frequência de aplicação de diferentes estratégias didáticas por professores portugueses. Os resultados evidenciam que a frequência com que é oferecida a oportunidade de os discentes planearem uma experiência em sala de aula é baixa, sendo que 40% dos alunos reportou nunca ter realizado esta etapa (Galvão et al., 2017). Dito isto, a baixa frequência com que os alunos realizam esta etapa de investigação reflete-se na dificuldade sentida durante a sua realização.

Enquanto que a conclusão com sucesso das restantes etapas avaliadas neste estudo requer a mobilização do conhecimento sobre a temática científica, o planeamento de uma experiência é uma atividade que exige que os alunos conheçam vários conceitos e disponham de conhecimentos sobre a temática em estudo e sobre o método científico. Assim, a etapa de planeamento de uma experiência implica um maior grau de domínio sobre os processos científicos, tornando-a uma das etapas mais complexas do trabalho científico (Garratt & Tomlinson, 2001; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Adicionalmente, durante a elaboração do procedimento, os alunos envolvem-se em atividades cognitivas que desenvolvem a sua capacidade de interpretação, o pensamento crítico e a sua criatividade. Como esta etapa é geralmente realizada em grupos, também contribui para o desenvolvimento de competências sociais pelos alunos (Etkina et al., 2010). Dito isto, a reprodução desta etapa em contexto escolar é determinante para o desenvolvimento destas competências nos alunos e, por isso, não deverá ser descartada devido à sua complexidade.

Todos os grupos obtiveram o nível de desempenho máximo nos critérios “formulação de uma hipótese”, “registo de dados” e “formulação da conclusão”. Estes resultados evidenciam que os alunos realizaram estas etapas da investigação com maior facilidade comparativamente à de elaboração de um procedimento, o que indica que as

competências subjacentes a estas tarefas estavam bem desenvolvidas nos discentes. Isto pode ser fundamentado pelo facto de estas atividades serem realizadas mais frequentemente em sala de aula (Galvão et al., 2017). Jiang e McComas (2015) e Minner e colaboradores (2010) verificaram que os alunos tendem a ter melhores resultados académicos quando se envolvem nestas etapas, comparativamente a quando têm de planear a experiência a executar, o que poderá esclarecer sobre o motivo de estas serem mais realizadas em contexto escolar (Jiang & McComas, 2015; Minner et al., 2010).

É necessário destacar que durante as etapas de investigação os alunos foram orientados pelas indicações que estavam presentes na ficha de trabalho e pelo acompanhamento constante disponibilizado pela professora-investigadora. Os discentes, muitas vezes, não detêm as competências necessárias para conduzir e concluir investigações, pelo que vários estudos têm relatado que a orientação é essencial para o sucesso da implementação deste tipo de atividade em contexto escolar (Aditomo & Klieme, 2020; Arnold et al., 2014; Dobber et al., 2017; Lazonder & Harmsen, 2016). Pode-se, então, acrescentar que a orientação fornecida ao longo das aulas que integraram o presente estudo foi crucial para o bom desempenho dos grupos de trabalho nas diferentes tarefas.

5.3. Teste cognitivo

Após administração do teste cognitivo, este foi corrigido e as respostas cotadas de acordo com critérios de avaliação específicos. Foi atribuída, a cada teste, uma classificação de 0 a 100 pontos percentuais. Foram definidos quatro níveis de classificação: Insuficiente (para uma pontuação entre 0 e 49%), Suficiente (para uma pontuação entre 50 e 69%), Bom (para uma pontuação entre 70 e 89%) e Muito Bom (para uma pontuação entre 90 e 100%). A grelha de classificação do teste encontra-se no Apêndice 12 e os resultados obtidos no teste cognitivo são apresentados nos Quadros 7, 8, 9 e 10.

Ao analisar o Quadro 7, verifica-se que a média das classificações obtidas no teste cognitivo foi superior a 50%, contudo o desvio padrão é elevado (20,9%), o que indicia que as classificações foram heterogéneas.

Quadro 7. Estatística descritiva dos resultados obtidos no teste cognitivo.

Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
53,8%	20,9%	90,0%	20,0%

No geral, os resultados foram satisfatórios e o nível de classificação atribuído mais frequentemente foi o Suficiente (Quadro 8). A maior parte dos alunos teve uma classificação superior a 50% (68,8%), contudo houve cinco testes com classificação de Insuficiente. Destacam-se quatro alunos que obtiveram o nível de classificação Bom e um que obteve a classificação de Muito Bom.

Quadro 8. Frequência absoluta e relativa das classificações obtidas no teste cognitivo.

Níveis de classificação	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito Bom
Frequência dos níveis de classificação (n; %)	n= 5; 31,2%	n= 6; 37,5%	n= 4; 25,0%	n= 1; 6,3%

O Grupo I do teste cognitivo continha questões sobre o conteúdo científico abordado ao longo das aulas que integraram o PI. A partir da análise do Quadro 9, verifica-se que as questões que obtiveram maior frequência de respostas corretas foram as questões 1, 4 e 5, com uma percentagem de respostas corretas superior a 50%. Metade dos alunos assinalaram a resposta correta à questão 2 e menos de metade à questão 3.

Para responder corretamente às questões 2 e 3 era necessário a interpretação de gráficos pelos discentes. A leitura e interpretação de gráficos é uma tarefa complexa e muitos alunos demonstram dificuldades durante a sua realização (Glazer, 2011). A compreensão da informação apresentada por um gráfico depende do conhecimento prévio que os discentes possuem e da mestria de outras competências, tal como a capacidade de raciocinar para interpretar os dados (Glazer, 2011; Shah et al., 2003; Shah & Hoeffner, 2002). Dito isto, o menor desempenho na resposta a estes itens pode ser explicado pela exigência do exercício mental que era necessário realizar para responder corretamente a ambas as questões. Para responder a estes itens, os discentes teriam de compreender o conceito de nicho ecológico e aplicar esse conhecimento. Assim sendo, estes resultados podem significar que este conceito não foi totalmente apreendido. Por outro lado, estas questões afastaram-se das que

constavam da ficha de trabalho realizada durante o PI, apesar de mobilizar conceitos semelhantes. Assim, a alteração do contexto poderá ter dificultado a aplicação de conhecimentos e competências pelos discentes (Etkina et al., 2008).

Similarmente, a resposta à primeira questão deste grupo também exigia a interpretação de gráficos. Contudo, o desempenho nesta questão foi superior ao dos itens 2 e 3. A explicação mais provável para este resultado é o facto de este exercício se aproximar daquele que foi realizado nas aulas integrantes do PI. Assim, a familiaridade dos alunos com o tipo de raciocínio exigido para responder corretamente à questão 1 deste grupo permitiu que esta tivesse uma maior frequência de respostas corretas.

Pelo contrário, para responder corretamente às questões 4 e 5 apenas era exigido aos alunos que aplicassem o conhecimento que haviam adquirido sobre a temática científica. A elevada frequência de respostas corretas evidencia que a maioria dos alunos compreenderam a matéria abordada por estas questões.

Quadro 9. Frequência absoluta e relativa de respostas corretas no grupo I do teste cognitivo.

Questões	Grupo I				
	1	2	3	4	5
Frequência de respostas corretas (n; %)	n= 11;	n= 8;	n= 6;	n= 13;	n= 12;
	68,8%	50,0%	37,5%	81,3%	75,0%

Os Grupos II e III do teste cognitivo consistiam em questões sobre processos investigativos. Ao analisar o Quadro 10, é possível denotar que o grupo que suscitou maior dificuldade entre os alunos foi o grupo II. Todas as questões pertencentes a este grupo tiveram uma frequência de respostas corretas inferior a 50%, ou seja, menos de metade dos alunos respondeu corretamente às questões aqui presentes. De entre estas, aquela que obteve menos respostas corretas foi a questão 2. Esta questão apresentava uma experiência sem grupo de controlo e pretendia-se que os alunos reconhecessem que estava mal planeada devido a esta ausência. Os resultados evidenciam que os discentes não compreenderam a importância do papel do grupo de controlo para a interpretação dos dados recolhidos através do trabalho experimental. Estes resultados vão ao encontro dos dados apresentados por Galvão e colaboradores (2017), que aplicaram um teste de competências em alunos portugueses do 9º ano de escolaridade e notaram que “a grande maioria dos alunos não revela qualquer noção acerca do controlo de variáveis e da necessidade de haver um grupo de controlo”

(Galvão et. al, 2017, p. 47). Hammann e colaboradores (2008) verificaram que os alunos tendem a não possuir uma compreensão científica sobre os objetivos e processos associados a uma investigação. Estes autores apontaram que, neste estudo, os discentes geraram conclusões a partir de experiências mal delineadas e sem grupo de controlo e que planearam trabalhos experimentais compostos apenas por grupos experimentais (Hammann et al., 2008). Assim sendo, o resultado obtido no teste cognitivo poderá ter como causa o facto de os alunos crerem que é possível formular uma conclusão válida para uma atividade experimental sem a haver a necessidade de existir um grupo de controlo.

A questão 1 do grupo II serviu para avaliar a competência de registo de dados e consistiu numa escolha múltipla, em que os alunos tiveram de assinalar o gráfico que demonstrava a tendência de valores apresentados numa tabela. Verificou-se que apenas cinco alunos, em dezasseis, assinalaram a resposta correta, o que evidencia que os discentes tiveram dificuldades em responder a esta questão. Este resultado foi inesperado, dado que a recolha de dados é uma tarefa que os alunos, normalmente, realizam durante os trabalhos experimentais, pelo que as competências subjacentes a esta tarefa deveriam estar desenvolvidas (Galvão et al., 2017). Contudo, é importante apontar que quando os alunos recolhem dados de um trabalho experimental preenchem um gráfico em branco com os valores que vão recolhendo ao longo do tempo. O facto de o exercício que era necessário realizar para responder corretamente a esta questão se afastar daquele que os discentes normalmente realizam poderá ter dificultado a escolha da resposta correta (Etkina et al., 2008).

A terceira questão do grupo II também suscitou dúvidas nos alunos. Para responder corretamente a esta questão, os alunos teriam de ordenar as etapas que constituem uma investigação. O método científico não é um processo rígido e definido, mas antes flexível e adaptável. Por vezes, novas observações levam à formulação de novas hipóteses e as conclusões de uma experiência constituem, muitas vezes, novas observações, servindo de início a uma nova investigação (Phelan, 2015). Ainda que o método científico não siga um rumo definido, este é constituído por etapas que são sequenciais, isto é, a realização de uma etapa requer a conclusão da anterior. O número elevado de respostas incorretas evidencia que os alunos não compreenderam a sequência que estes passos assumem numa investigação. Provavelmente, este desconhecimento deve-se à baixa frequência de realização de trabalhos laboratoriais e experimentais em sala de aula. É necessário ressaltar que as opções presentes no teste cognitivo incluíam uma etapa que, normalmente, os alunos não realizam em contexto escolar: a identificação um problema de investigação (Galvão et al., 2017). Por

este motivo, os discentes estão menos familiarizados com esta etapa investigativa, o que poderá ter dificultado a estruturação de uma resposta correta a esta questão.

Mais de metade dos discentes responderam corretamente às duas questões do grupo III do teste cognitivo. Para responder a estes itens, os alunos tiveram de identificar uma hipótese e uma conclusão, de entre quatro opções. Estes dados mostram que a maior parte dos discentes foi capaz de selecionar a hipótese e a conclusão que se adequavam ao contexto apresentado.

O processo de formulação de hipóteses requer a mobilização de conhecimento prévio e uma reflexão sobre as relações que poderão existir entre variáveis (Kuang et al., 2020). Então, a aptidão que os discentes revelam face a esta tarefa é, possivelmente, um resultado da compreensão do conteúdo científico abordado, o que facilita o estabelecimento de relações entre variáveis. Este resultado é corroborado por um estudo realizado por Zeidan & Jayosi (2015) que avaliou as competências investigativas de alunos do ensino secundário através da aplicação de um teste de escolha múltipla. Os autores verificaram que os itens em que os discentes tiveram de selecionar uma hipótese foram uns dos que obtiveram maior número de respostas corretas (Zeidan & Jayosi, 2015). Um outro trabalho que consistiu na avaliação da evolução das competências investigativas de discentes através da realização de investigações em contexto escolar verificou que a capacidade de formular hipóteses foi a que registou uma melhoria mais acentuada. Este estudo revelou que os alunos foram capazes de aprender a realizar corretamente esta etapa investigativa num curto espaço de tempo (Mutlu, 2020). Posto isto, a elevada frequência de repostas corretas a esta questão do teste cognitivo indica que os discentes revelaram destreza na aprendizagem e execução desta tarefa.

A determinação de uma conclusão para uma investigação exige que os alunos interpretem os resultados de uma experiência e apliquem o conhecimento teórico sobre a temática científica. Para assinalar a conclusão correta, os discentes tiveram de interpretar um gráfico. A interpretação de gráficos é considerada uma tarefa complexa e o conhecimento sobre o conteúdo que o gráfico trata influencia a sua interpretação (Shah et al., 2003). Estes resultados evidenciam que os alunos foram capazes de compreender a tendência apresentada pelo gráfico e mobilizar conhecimento teórico para o interpretar. Depreende-se destes resultados que os alunos tinham uma boa compreensão da temática científica, o que facilitou a interpretação do gráfico em causa, e entenderam o que consta de uma conclusão de uma investigação, o que permitiu que respondessem corretamente a esta questão.

Quadro 10. Frequência absoluta e relativa de respostas corretas nos grupos II e III do teste cognitivo.

	Grupo II			Grupo III	
Questões	1	2	3	1	2
Frequência de respostas corretas (n; %)	n= 5; 31,3%	n= 3; 18,8%	n= 5; 31,3%	n= 11; 68,8%	n= 12; 75,0%

Finalmente, os resultados demonstram uma evidente maior aptidão dos alunos na resposta a questões que abordam a temática científica comparativamente a itens sobre o processo e competências científicos. Isto resulta do facto de as aulas, atualmente, ainda serem maioritariamente expositivas e a avaliação incidir fortemente sobre o domínio do conteúdo científico. Adicionalmente, os alunos desta faixa etária não realizam trabalhos laboratoriais ou experimentais de forma regular em contexto escolar e, muitas vezes, o seu papel durante estas atividades circunscreve-se à realização de algumas das etapas investigativas, o que limita o desenvolvimento de competências investigativas (Galvão et al., 2017).

5.4. Análise comparativa entre a grelha de observação grupal e o teste cognitivo

O teste cognitivo avaliou diversas competências investigativas dos alunos, algumas das quais foram também avaliadas ao longo das aulas do PI com recurso à grelha de observação grupal. Os resultados obtidos através destes dois instrumentos de recolha de dados divergem relativamente ao critério “registo de dados”. Durante a implementação do PI todos os grupos obtiveram o nível de desempenho máximo nesta tarefa, enquanto no teste cognitivo a percentagem de respostas corretas à questão que avaliou esta etapa foi baixa. Relativamente aos restantes critérios, os resultados do teste cognitivo suportam o das grelhas de observação: a maior parte dos alunos foi capaz de aplicar as competências necessárias para definir uma hipótese e uma conclusão, mas tiveram dificuldade durante o planeamento de uma investigação. Contudo, mesmo para os itens do teste cognitivo com maior percentagem de respostas corretas, esta nunca ultrapassa os 75%, demonstrando que estas competências não estavam à disposição de todos os alunos.

Hammann e colaboradores (2008) compararam os resultados obtidos em testes práticos e em testes cognitivos desenhados para avaliar as competências dos alunos. Estes

autores notaram que um bom desempenho num teste de escolha múltipla não era um bom preditor da *performance* durante uma investigação. Por outro lado, verificaram que um bom desempenho durante o trabalho prático estava correlacionado com a *performance* dos alunos no teste de escolha múltipla. Isto significa que um bom desempenho individual durante a realização de uma investigação poderá servir como um prognóstico do resultado do aluno num teste de escolha múltipla, mas o inverso não se aplica. Estes autores constataram, também, que durante a realização de testes de escolha múltipla os discentes mobilizaram apenas competências de pensamento lógico, e não as de pensamento científico que são necessárias durante a realização de uma investigação. Assim, os resultados deste estudo evidenciaram uma diferença significativa entre os resultados obtidos pelos dois métodos de testagem (Hammann et al., 2008). Os testes cognitivos têm limitações na avaliação das competências investigativas dos alunos, pelo que este instrumento deverá servir, apenas, como indicador da capacidade dos discentes em conduzirem investigações científicas (Wenning, 2007). Dito isto, os resultados do teste cognitivo apenas indicam algumas competências que foram melhor apreendidas pelos alunos, não significando que os discentes não desenvolveram as restantes competências avaliadas. Assim, os resultados deste tipo de teste cognitivo poderão servir como ponto de partida para determinar quais as etapas investigativas que requerem uma prática mais regular pelos alunos, de forma que estes desenvolvam as competências necessárias à sua aplicação de forma autónoma.

O facto de a avaliação das competências dos discentes durante a investigação em sala de aula ter sido grupal, e não individual, pode ter acentuado as discrepâncias entre os resultados da grelha de observação e do teste cognitivo, dada a impossibilidade de observar o domínio que cada aluno teve sobre as diferentes etapas de investigação durante as aulas que integraram o PI. A literatura refere que os resultados dos trabalhos de grupo são, normalmente, melhores comparativamente aos obtidos quando os alunos realizam trabalhos individuais. Isto deve-se à cooperação e partilha de conhecimentos pelos diferentes membros dos grupos, o que facilita a aprendizagem e a realização das atividades propostas (Chiriac, 2014; Gaudet et al., 2010; Koppenborg & Klingsieck, 2022). Acresce-se, ainda, o facto de que durante o trabalho de grupo os alunos tendem a reduzir os momentos de procrastinação (Koppenborg & Klingsieck, 2022). Todos estes fatores aumentam o rendimento dos discentes durante o trabalho de grupo e resultam num melhor desempenho, comparativamente aos trabalhos individuais.

Adicionalmente, o desenvolvimento de competências é um processo lento e gradual. Um estudo realizado por Etkina e colaboradores (2008) verificou que diferentes

competências são adquiridas a ritmos distintos e dependem, também, do ritmo de aprendizagem dos alunos. Estes autores acrescentam, ainda, que mesmo após os discentes demonstrarem domínio sobre algumas competências podem não as conseguir aplicar quando o contexto e o problema se alteram (Etkina et al., 2008). Assim, os resultados do presente estudo podem ser fundamentados pelo facto de os discentes terem aplicado uma mesma competência sob duas circunstâncias diferentes: durante a atividade com o simulador e durante a realização do teste cognitivo. A capacidade de implementar estas habilidades é frágil e depende do conteúdo científico abordado durante a aula, da duração das tarefas e da orientação fornecida durante a realização do trabalho prático (Etkina et al., 2008). Dito isto, os resultados do teste cognitivo evidenciam que, apesar de os alunos terem conseguido realizar as tarefas propostas nas aulas com sucesso, algumas competências ainda não estão totalmente desenvolvidas. O melhor desempenho registado pela grelha de observação pode ter sido, ainda, amplificado pela orientação disponibilizada durante a realização da investigação, tanto pelos colegas como pela professora-investigadora.

6. Conclusões

No presente capítulo são apresentadas as conclusões do estudo realizado, juntamente com as limitações e sugestões para investigações futuras e uma pequena reflexão sobre o contributo que este trabalho forneceu para o desenvolvimento profissional da prática pedagógica da professora-investigadora.

6.1. Conclusões gerais

Os resultados deste estudo evidenciam que os alunos souberam trabalhar em grupo, tendo sido capazes de comunicar e colaborar para completar as diferentes etapas de investigação. O desempenho dos discentes durante a maior parte das etapas de investigação foi muito bom. Contudo, os alunos mostraram sentir maior dificuldade durante o planeamento da investigação, o que se justifica pela falta de prática desta tarefa em contexto escolar. Os resultados do teste cognitivo mostraram que os alunos têm facilidade em mobilizar conhecimento para responder a questões sobre a temática científica, demonstrando que aprenderam o conteúdo científico abordado durante as aulas. As respostas dadas neste teste evidenciam que os discentes têm diferentes domínios sobre as etapas de investigação e aquelas em que mostraram ter maior destreza foram as de formulação de uma hipótese e de uma conclusão.

O presente estudo mostra que as competências investigativas que os alunos aplicam mais frequentemente em contexto escolar são aquelas que estão mais desenvolvidas. Como tal, as competências essenciais à realização das etapas de investigação que os discentes não realizam regularmente estão ainda numa fase incipiente do seu desenvolvimento. Para promover o desenvolvimento destas competências, é essencial implementar com maior frequência trabalhos laboratoriais e experimentais em que os alunos desempenhem um papel ativo, permitindo que realizem investigações em sala de aula de forma progressivamente mais autónoma. A realização de investigações pelos discentes potencia a mobilização do conteúdo científico e o seu envolvimento e socialização com os colegas, instigando o desenvolvimento de várias competências essenciais aos cidadãos do século XXI.

6.2. Limitações e sugestões para investigações futuras

A presente investigação apresenta várias limitações, algumas relacionadas com o contexto em que esta se desenvolveu. Visto que o estudo decorreu durante a IPP, o

tempo disponibilizado para a sua implementação foi escasso devido à necessidade de cumprir com as AE estipuladas para o 8º ano de escolaridade. Como consequência, apenas foi possível implementar um ciclo de I-A.

Adicionalmente, os alunos nunca haviam contactado com a metodologia de ensino utilizada durante este estudo, o que afetou os resultados obtidos. Dado ser a primeira vez que os discentes realizaram uma investigação em contexto escolar, as competências necessárias à realização autónoma das tarefas estipuladas estavam, ainda, insuficientemente desenvolvidas. Como resultado, os dados recolhidos evidenciam que os alunos necessitam de realizar mais regularmente este tipo de trabalho prático para se familiarizarem com o EOI e para que o desenvolvimento das competências se torne evidente. Deve-se, também, ressaltar que os alunos que constituíram a amostra deste estudo estiveram em regime de Ensino à Distância durante vários meses dos dois anos letivos anteriores e, como tal, durante este período não realizaram atividades práticas, o que interferiu no desenvolvimento das suas competências investigativas.

Para futuras investigações, sugere-se a aplicação de simuladores a outros conteúdos científicos do 8º ano e de outros anos de escolaridade, de modo a averiguar a sua verdadeira potencialidade no ensino das ciências. Outra sugestão prende-se com a aplicação de novos ciclos de estudo que integrem investigações com recurso a outros simuladores sobre temáticas científicas diferentes e, posteriormente, em laboratório físico. Isto permitiria avaliar as competências desenvolvidas pelos discentes nos ciclos anteriores e averiguar se o recurso a simuladores promove a autonomia dos alunos no trabalho laboratorial.

6.3. Contributos do estudo para o desenvolvimento profissional

A formação inicial de professores tem como finalidade que os futuros professores desenvolvam competências necessárias à prática docente. Como tal, pretende-se que a implementação do trabalho de investigação e a elaboração do relatório de estágio, que constitui a etapa final da formação inicial de professores, instigue no professor-investigador uma reflexão sobre o impacto que o trabalho desenvolvido teve no seu desenvolvimento profissional, tendo em consideração os objetivos profissionais delineados.

A planificação desta investigação promoveu a reflexão sobre o processo de ensino e o de aprendizagem, motivando a escolha de estratégias e a elaboração de recursos

didáticos adequados à faixa etária da amostra. Também foi essencial a familiarização com a metodologia do EOI, que foi atingida através de uma pesquisa bibliográfica sobre esta. A implementação do PI constituiu o momento mais desafiante de toda esta investigação, uma vez que os alunos que integraram a amostra não estavam familiarizados com o EOI. Como tal, para potenciar o processo de aprendizagem, foi necessária uma orientação constante dos alunos por parte da professora-investigadora durante as aulas do PI.

Assim, a realização deste estudo foi essencial para o desenvolvimento de competências necessárias à prática docente, como aquelas que são fundamentais para a elaboração de recursos didáticos, para a planificação de aulas e para a orientação do processo de aprendizagem dos alunos. Ademais, este estudo foi essencial para a construção de conhecimento sobre o EOI e de competências associadas à sua implementação em sala de aula, promovendo a autonomia da professora-investigadora na prática da profissão docente. Esta investigação contribuiu, também, para a apreensão de competências na área da investigação em educação, como a leitura, interpretação e análise da literatura científica, a escrita de um trabalho académico na área educacional, a recolha e tratamento de dados e, ainda, a aprendizagem sobre a metodologia de investigação que foi empregue durante o estudo.

Adicionalmente, o presente trabalho acrescenta informação à literatura sobre o EOI com simuladores no ensino das Ciências Naturais, fortalecendo os dados existentes sobre esta temática e permitindo que, no futuro, os investigadores possam realizar estudos da mesma natureza e comparar os seus resultados. A publicação e acesso a este estudo permite, ainda, o aprimoramento de futuras investigações, considerando as limitações e sugestões fornecidas neste documento. Este documento estará, também, disponível para ser acedido por professores da área das ciências. Desta forma, esta investigação contribui para a otimização do uso do EOI com simuladores no ensino básico.

A implementação do presente estudo permitiu, então, que a professora-investigadora desenvolvesse várias competências associadas à prática docente e à investigação em educação que serão essenciais para a sua profissão futura.

Referências bibliográficas

- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Akkoyunlu, B., Telli, E., Çetin, N. M., & Dağhan, G. (2016). Views of prospective teachers about reflective journals on teacher education. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 7(4), 312-330. <https://doi.org/10.17569/tojqi.60515>
- Alavi, M., Seng, J. H., Mustaffa, M. S., Ninggal, M. T., Amini, M., & Latif, A. A. (2018). Attention, impulsiveness, and gender in academic achievement among typically developing children. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 5-24. <https://doi.org/10.1177/0031512518809163>
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments-What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Barroso, D. (2013). *A importância da planificação do processo ensino-aprendizagem nas aulas de História e Geografia* [Master's thesis, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/71580>
- Bell, R. L., & Smetana, L. K. (2008). Using computer simulations to enhance science teaching and learning. In R. L. Bell, J. Gess-Newsome, & J. Luft (Eds.), *Technology in the secondary science classroom*. National Science Teachers Association Press.
- Butler, J., Mooney Simmie, G., & O'Grady, A. (2015). An investigation into the prevalence of ecological misconceptions in upper secondary students and implications for pre-service teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 38(3), 300-319. <https://doi.org/10.1080/02619768.2014.943394>
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9639-x>
- Capelo, C., & Silva, A. L. (2020). Optimising the learning potential of simulations through structural transparency and exploratory guidance. *Simulation & Gaming*, 51(4), 498-523. <https://doi.org/10.1177/1046878120916209>

- Cayvaz, A., Akcay, H., & Kapici, H. O. (2020). Comparison of simulation-based and textbook-based instructions on middle school students' achievement, inquiry skills and attitude. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(1), 34-43. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i1.758>
- Chi, S., Wang, Z., & Liu, X. (2021). Moderating effects of teacher feedback on the associations among inquiry-based science practices and students' science-related attitudes and beliefs. *International Journal of Science Education*, 43(14), 2426-2456. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1968532>
- Chiang, F., Mazdiyasni, O., & AghaKouchak, A. (2021). Evidence of anthropogenic impacts on global drought frequency, duration, and intensity. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22314-w>
- Chiriac, E. H. (2014). Group work as an incentive for learning – Students' experiences of group work. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00558>
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2481-8>
- Clark, J. S., Porath, S., Thiele, J., & Jobe, M. (2020). *Action research*. New Prairie Press. <https://kstatelibraries.pressbooks.pub/gradactionresearch/>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Cohen, S. M., & Chang, M. (2018). Science achievement within the United States: a view through affective and demographic lenses. *Educational Studies*, 46(2), 221-239. <https://doi.org/10.1080/03055698.2018.1555455>
- Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? In O. E. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca, & C. P. Constantinou (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning. Contributions from Science Education Research* (pp. 1-23). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1
- Cooke, J., Araya, Y., Bacon, K. L., Bagniewska, J. M., Batty, L. C., Bishop, T. R., Burns, M., Charalambous, M., Daversa, D. R., Dougherty, L. R., Dyson, M., Fisher, A. M., Forman, D., Garcia, C., Harney, E., Hesselberg, T., John, E. A., Knell, R. J., Maseyk, K., Mauchline, A. L., Peacock, J., Pernetta, A. P., Pritchard, J., Sutherland, W. J., Thomas, R. L., Tigar, B., Wheeler, P., White, R. L., Worsfold, N. T., & Lewis, Z. (2021). Teaching and learning in ecology: A horizon scan of emerging challenges and solutions. *Oikos*, 130(1), 15-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/oik.07847>

- Coutinho, C. (2018). *Metodologia de investigação em Ciências Sociais e Humanas* (2nd ed.). Almedina.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis (executive summary)*. S. R. I. International. <https://www.sri.com/publication/simulations-for-stem-learning-systematic-review-and-meta-analysis-executive-summary/>
- de Jong, T. (2016). Instruction based on computer simulations and virtual laboratories. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction* (2nd ed., pp. 502-522). Routledge.
- Deboer, G. E. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 17-35). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_2
- Dede, C., Grotzer, T. A., Kamarainen, A., & Metcalf, S. (2017). EcoXPT: Designing for deeper learning through experimentation in an immersive virtual ecosystem. *Journal of Educational Technology & Society*, 20, 166-178. <https://dash.harvard.edu/handle/1/37231211>
- Deming, D. J. (2017). The growing importance of social skills in the labor market. *The Quarterly Journal of Economics*, 132(4), 1593-1640. <https://doi.org/10.1093/qje/qjx022>
- Dewey, J. (1910). *How we think*. D.C. Heath and Company. <https://doi.org/10.1037/10903-000>
- Direção-Geral da Educação (2018). Aprendizagens Essenciais, articulação com o perfil dos alunos - 8º ano do 3º ciclo do ensino básico. Ciências Naturais. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf
- DiYanni, R., & Borst, A. (2020). Active learning. In *The craft of college teaching: A practical guide* (pp. 42-60). Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691202006-007>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Dockett, S., & Perry, B. (2011). Researching with young children: Seeking assent. *Child Indicators Research*, 4(2), 231-247. <https://doi.org/10.1007/s12187-010-9084-0>
- Dorfman, B.-S., Issachar, H., & Zion, M. (2020). Yesterday's students in today's world: Open and guided inquiry through the eyes of graduated high school biology

- students. *Research in Science Education*, 50(1), 123-149.
<https://doi.org/10.1007/s11165-017-9683-6>
- Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. (2017). Virtual laboratories in science education: Students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education*, 51(4), 358-374.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498>
- Erickson, M., Marks, D., & Karcher, E. (2020). Characterizing student engagement with hands-on, problem-based, and lecture activities in an introductory college course. *Teaching & Learning Inquiry*, 8(1), 138-153.
<https://doi.org/10.20343/teachlearningqu.8.1.10>
- Etkina, E., Karelina, A., & Ruibal-Villasenor, M. (2008). How long does it take? A study of student acquisition of scientific abilities. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(2), 020108.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.020108>
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98. <https://doi.org/10.1080/10508400903452876>
- Etkina, E., Murthy, S., & Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979-986.
<https://doi.org/10.1119/1.2238885>
- Fakayode, S. O. (2014). Guided-inquiry laboratory experiments in the analytical chemistry laboratory curriculum. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406, 1267-1271. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7515-8>
- Finn, H., Maxwell, M., & Calver, M. (2002). Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, 36(4), 158-162.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655826>
- Firman, M. A., Ertikanto, C., & Abdurrahman, A. (2019). Description of meta-analysis of inquiry-based learning of science in improving students' inquiry skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022018>
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566.
<https://doi.org/10.1007/s11165-017-9623-5>

- Galvão, C., Freire, S., Faria, C., Baptista, M., & Reis, P. (2017). *Avaliação do currículo das Ciências Físicas e Naturais: Percursos e interpretações*. Instituto de Educação, Universidade de Lisboa.
- Garratt, J., & Tomlinson, J. (2001). Experimental design– can it be taught or learned? *University Chemistry Education*, 5(2), 74-80. <https://rsc.li/2YMIKb2>
- Gaudet, A. D., Ramer, L. M., Nakonechny, J., Cragg, J. J., & Ramer, M. S. (2010). Small-group learning in an upper-level University Biology class enhances academic performance and student attitudes toward group work. *PLoS ONE*, 5(12), e15821. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015821>
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (10th ed.). Pearson.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307>
- Gormally, C., Brickman, P., & Lutz, M. (2012). Developing a Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS): Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE: Life Sciences Education*, 11(4), 364-377. <https://doi.org/10.1187/cbe.12-03-0026>
- Gross, M. (2019). Shrinking ice caps, rising oceans. *Current Biology*, 29(5), R137-R140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.029>
- Grotzer, T. A., Kamarainen, A., Metcalf, S., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2017, April 22-April 25). *Teaching the systems aspects of epistemologically authentic experimentation in ecosystems through immersive virtual worlds* [Paper presentation]. National Association of Research in Science Teaching (NARST) Conference San Antonio, TX. https://cllc.gse.harvard.edu/files/cllc/files/immersive_experimentationnarstpape.pdf
- Hairston, N. G., Birks, H. J. B., & Wiens, J. A. (1989). *Ecological experiments: Purpose, design and execution*. Cambridge University Press. <https://books.google.pt/books?id=ClCaWtINpKAC>
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66-72. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656113>
- Heindl, M. (2019). Inquiry-based learning and the pre-requisite for its use in science at school: A meta-analysis. *Journal of Pedagogical Research*, 3(2), 52-61. <https://doi.org/10.33902/JPR.2019254160>

- Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Huang, Y. (2021). Effectiveness of inquiry-based science laboratories for improving teamwork and problem-solving skills and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-29. <https://doi.org/10.1002/tea.21729>
- Hudson, B., Owen, D., & Veen, K. v. (2006). Working on educational research methods with masters students in an international online learning community. *British Journal of Educational Technology*, 37(4), 577-603. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2005.00553.x>
- Jiang, F., & McComas, W. F. (2015). The effects of inquiry teaching on student science achievement and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. *International Journal of Science Education*, 37(3), 554-576. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.1000426>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2018). Cooperative learning: The foundation for active learning. In S. M. Brito (Ed.), *Active Learning- Beyond the Future*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81086>
- Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5(2), 42-51.
- Juwariyah, S., Koes, H. S., & Latifah, E. (2017). Guided inquiry method employing virtual laboratory to improve scientific working skills. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(1), 17–25.
- Kamran, A., Moghtadaie, K., Abdali, Z., & Salamat, M. (2017). The effectiveness of attention training on improving the academic performance of students with spelling learning disabilities. *Journal of Child Mental Health*, 4(1), 46-55.
- Kang, J., & Keinonen, T. (2018). The effect of student-centered approaches on students' interest and achievement in science: Relevant topic-based, open and guided inquiry-based, and discussion-based approaches. *Research in Science Education*, 48(4), 865-885. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9590-2>
- Kapici, H. O., Akcay, H., & de Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together- Which works better for acquiring knowledge and skills? *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231-250. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9762-0>
- Khalaf, B. K. (2018). Traditional and inquiry-based learning pedagogy: A systematic critical review. *International Journal of Instruction*, 11(4), 545-564. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>

- Khatwani, M. K., & Panhwar, F. Y. (2019). Objectivity in social research: A critical analysis. *Asia-Pacific*, 37, 126–142. <https://doi.org/10.47781/asia-pacific.vol37.Iss0.695>
- Kim, C., & Pekrun, R. (2014). Emotions and motivation in learning and performance. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 65-75). Springer.
- Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and International Education*, 14(1), 99-117. <https://doi.org/10.1177/1745499919829214>
- Knapp, A. K., Smith, M. D., Hobbie, S. E., Collins, S. L., Fahey, T. J., Hansen, G. J. A., Landis, D. A., La Pierre, K. J., Melillo, J. M., Seastedt, T. R., Shaver, G. R., & Webster, J. R. (2012). Past, present, and future roles of long-term experiments in the LTER network. *BioScience*, 62(4), 377-389. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.4.9>
- Koppenborg, M., & Klingsieck, K. B. (2022). Group work and student procrastination. *Learning and Individual Differences*, 94, 102117. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102117>
- Koshy, V. (2009). *Action research for improving educational practice: A step-by-step guide* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & de Jong, T. (2020). Effects of providing partial hypotheses as a support for simulation-based inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 487-501. <https://doi.org/10.1111/jcal.12415>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary-school students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 189-204. <https://doi.org/10.1080/02635143.2010.533266>
- Lintang, Suprpto, P. K., & Ardiansyah, R. (2021). Four tier test ecosystem: Diagnostic test to detect misconception on ecosystem concepts. *BIOEDUSCIENCE*, 5(1), 49-56. <https://doi.org/10.22236/j.bes/515750>
- Mathew, P., Mathew, P., Prince, J., & Peechattu, J. (2017). Reflective practices: A means to teacher development. *Asia Pacific Journal of Contemporary Education and Communication Technology*, 3(1), 126-131.
- Mcconney, A., Oliver, M. C., Woods-Mcconney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Inquiry, engagement, and literacy in science: A retrospective, cross-national

- analysis using PISA 2006. *Science Education*, 98(6), 963-980.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21135>
- McGunagle, D., & Zizka, L. (2020). Employability skills for 21st-century STEM students: The employers' perspective. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 10(3), 591-606. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-10-2019-0148>
- Metcalf, S. J., Kamarainen, A., Thompson, M., Sedney, P., Grotzer, T., & Dede, C. (2016, April 8- April 12). *Ecosystem science learning through simulated experimentation within an immersive virtual environment* [Paper presentation]. American Educational Research Association (AERA) Conference, Washington, D.C.
- Metcalf, S. J., Kamarainen, A. M., Grotzer, T. A., & Dede, C. J. (2017, April 27- May 1). *Changes in student experimentation strategies within an inquiry-based immersive virtual environment* [Paper presentation]. American Educational Research Association (AERA), San Antonio, TX.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction- What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
<https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Moreira, A. I., & Duarte, P. (2019). A planificação na formação inicial de professores: Um retrato a partir dos contributos da educação histórica. *Indagatio Didactica*, 11(4), 41-60. <https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/10575/6919>
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2015). Simulation-based inquiry learning and computer modeling: Pitfalls and potentials. *Simulation & Gaming*, 46(3-4), 322-347. <https://doi.org/10.1177/1046878115577159>
- Mutlu, A. (2020). Evaluation of students' scientific process skills through reflective worksheets in the inquiry-based learning environments. *Reflective Practice*, 21(2), 271-286. <https://doi.org/10.1080/14623943.2020.1736999>
- Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C. W., Hodnebrog, Ø., Marelle, L., Samset, B. H., Sillmann, J., Schaller, N., Fischer, E., Schulz, M., & Stohl, A. (2019). Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*, 9(1), 16063. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. The National Academies Press.
<https://doi.org/doi:10.17226/9596>
- Olusegun, B. S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66-70.

- Olympiou, G., Zacharias, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, 41(3), 575-596. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2>
- Phelan, J. (2015). Scientific thinking. In *What is life? A guide to Biology* (3rd ed.). W. H. Freeman and Company.
- Potvin, P., Hasni, A., & Sy, O. (2017). Using inquiry-based interventions to improve secondary students' interest in science and technology. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 262-270. <https://doi.org/10.30935/scimath/9510>
- Price, P. C., Jhangiani, R. S., Chiang, I.-C. A., Leighton, D. C., & Cuttler, C. (2017). *Research methods in psychology* (3rd ed.). <https://opentext.wsu.edu/carriecuttler/>
- Puntambekar, S., Gnesdilow, D., Dornfeld Tissenbaum, C., Narayanan, N. H., & Rebello, N. S. (2021). Supporting middle school students' science talk: A comparison of physical and virtual labs. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(3), 392-419. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21664>
- Putu, V. N. N. S., & Hikmawati, H. (2021). Analysis of students' critical thinking improvement in teaching inquiry with cognitive conflict strategies. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(1), 122-126. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i1.3999>
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). Inquiry-based science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 247-261). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_19
- Rios, J. A., Ling, G., Pugh, R., Becker, D., & Bacall, A. (2020). Identifying critical 21st-century skills for workplace success: A content analysis of job advertisements. *Educational Researcher*, 49(2), 80-89. <https://doi.org/10.3102/0013189X19890600>
- Sayal, K., Washbrook, E., & Proper, C. (2015). Childhood behavior problems and academic outcomes in adolescence: Longitudinal population-based study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 54(5), 360-368. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2015.02.007>
- Schwab, J. (1960). What do scientists do? *Behavioral Science*, 5(1).
- Schwab, J. (1966). *The teaching of science*. Harvard University Press.
- Sellers, M. (2017). *Reflective practice for teachers* (2nd ed.). SAGE Publications. <https://books.google.pt/books?id=N4conQAACAAJ>

- Shah, P., Freedman, E., & Watkins, P. (2003, April 21- April 25). *The influence of prior content knowledge and graphical literacy skills on data interpretation* [Paper presentation]. Annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Shah, P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69. <https://doi.org/10.1023/A:1013180410169>
- Shah, S. M. H., & Saleem, S. (2015). Level of attention of secondary school students and its relationship with their academic achievement. *Journal of Arts and Humanities*, 4, 92-106. <https://doi.org/10.18533/JOURNAL.V4I5.613>
- Silvia, P. J. (2008). Interest: The curious emotion. *Current Directions in Psychological Science*, 17(1), 57-60. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00548.x>
- Son, J. Y., Narguizian, P., Beltz, D., & Desharnais, R. A. (2016). Comparing physical, virtual, and hybrid flipped labs for general education biology. *Online Learning*, 20(3). <https://doi.org/10.24059/olj.v20i3.687>
- Srisawasdi, N., & Panjaburee, P. (2015). Exploring effectiveness of simulation-based inquiry learning in science with integration of formative assessment. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 323-352. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0037-y>
- Sujarittam, T., Tanamatayarat, J., & Kittiravechote, A. (2019). Investigating the students' experimental design ability toward guided inquiry based learning in the physics laboratory course. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 18, 63-69.
- Sypsas, A., & Kalles, D. (2018, November 29- December 1). *Virtual laboratories in biology, biotechnology and chemistry education: a literature review* [Paper presentation]. Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics, Athens, Greece. <https://doi.org/10.1145/3291533.3291560>
- Szott, A. (2014). Open-ended laboratory investigations in a high school physics course: The difficulties and rewards of implementing inquiry-based learning in a physics lab. *The Physics Teacher*, 52(1), 17-21. <https://doi.org/10.1119/1.4849147>
- Thompson, M., King, J., Kamarainen, A., Tutwiler, S., Metcalf, S., Sedney, P., Grotzer, T., & Dede, C. (2016, April 14- April 17). *Examining middle school students' pathways through experimentation via a virtual simulation* [Paper presentation]. National Association of Research in Science Teaching (NARST), Baltimore, MD.
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction- An attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41, 1562-1577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>

- Walker, L., & Warfa, A.-R. M. (2017). Process oriented guided inquiry learning (POGIL®) marginally effects student achievement measures but substantially increases the odds of passing a course. *PLoS ONE*, 12(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186203>
- Wang, H.-S., Chen, S., & Yen, M.-H. (2021). Effects of metacognitive scaffolding on students' performance and confidence judgments in simulation-based inquiry. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020108>
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21-24.
- Yücel, E. Ö., & Özkan, M. (2015). Determination of secondary school students' cognitive structure, and misconception in ecological concepts through word association test. *Educational Research and Reviews*, 10(5), 660-674.
<https://doi.org/10.5897/ERR2014.2022>
- Zeidan, A., & Jayosi, M. R. (2015). Process skills and attitudes toward science among Palestinian secondary school students. *World Journal of Education*, 5(1), 13-24.
<https://doi.org/10.5430/wje.v5n1p13>
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science education international*, 23, 383-399.

Apêndices

Apêndice 1. Planificação das aulas



Planificação			
Ciências Naturais- 8º ano			
Professor:	Maria Rodrigues	Nº de Aulas:	6
Organizador:	Sustentabilidade na Terra		
Finalidade:	Desenvolver competências investigativas nos alunos e promover a compreensão sobre as dinâmicas de ecossistemas através da realização de uma investigação em grupo com recurso a um simulador.		
Aprendizagens Essenciais:	- Distinguir interações intraespecíficas de interações interespecíficas e explicitar diferentes tipos de relações bióticas; - Interpretar informação relativa a dinâmicas populacionais decorrentes de relações bióticas, avaliando as suas consequências nos ecossistemas.		
Aprendizagens Essenciais Transversais:	- Construir explicações científicas baseadas em conceitos e evidências, obtidas através da realização de atividades práticas diversificadas e planeadas para procurar responder a problemas formulados.		
Conceitos:	Fatores abióticos, relações bióticas, competição, predação, nicho ecológico.		
Aula	Duração (min)	Procedimento	Avaliação
1	100	Introdução teórica; Exploração do simulador; Apresentação da questão de investigação; Elaboração do protocolo.	Grelha de observação individual Grelha de observação grupal
2	50	Elaboração do protocolo (conclusão).	
3	100	Realização da experiência.	
4	50	Elaboração da conclusão.	
5	100	Apresentação da questão de investigação; Formulação de hipóteses; Realização da experiência.	Testagem
6	50	Conclusão da temática; Realização de um teste cognitivo.	

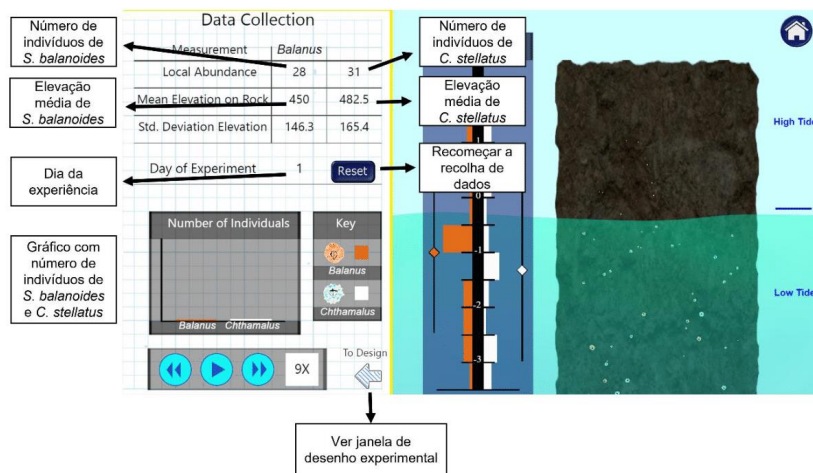
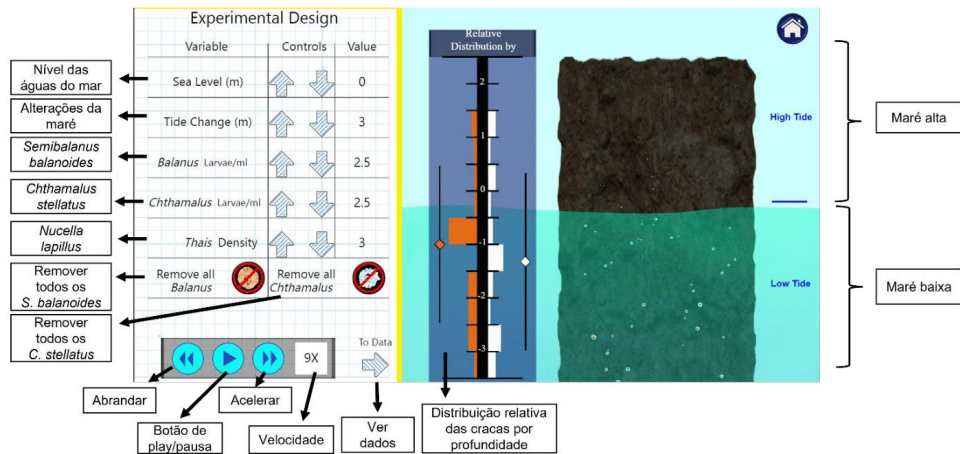
Planificação da 1ª aula da intervenção							
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	23/02/2022	Duração:	100 min	Aula nº:	53 e 54
Sumário:	Introdução teórica sobre o intertidal rochoso. Elaboração de um procedimento experimental.						
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula			Estratégia	Recursos Didáticos	
Introdução teórica	30	- Caracterização breve da zona intertidal; - Importância dos fatores abióticos e das relações bióticas na distribuição dos seres vivos num ecossistema. - Apresentação do conceito de nicho ecológico.			Exposição		
Exploração do simulador	20	- Distribuição de um guião com a legenda e funcionalidades do simulador; - Projeção do simulador pela professora; - Exploração do simulador pelo grupo-turma; - Diálogo sobre quais as variáveis manipuláveis e os dados possíveis de recolher a partir do simulador.			Simulação	PowerPoint Documento explicativo do simulador Ficha de trabalho	
Apresentação da questão de investigação	10	- Apresentação do contexto de investigação e da questão a investigar.			Exposição		
Elaboração de um protocolo	40	- Divisão da turma em grupos de quatro elementos; - Elaboração de um protocolo pelos grupos de trabalho.			Trabalho de grupo		
Planificação da 2ª aula da intervenção							
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	25/02/2022	Duração:	50 min	Aula nº:	55
Sumário:	Conclusão da elaboração de um procedimento experimental.						
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula			Estratégia	Recursos Didáticos	
Elaboração de um protocolo	50	- Apresentação dos protocolos ao grupo turma; - Discussão sobre os protocolos apresentados; - Elaboração de um protocolo pelo grupo-turma.			Trabalho de grupo	PowerPoint Ficha de trabalho	

Planificação da 3ª aula da intervenção							
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	02/03/2022	Duração:	100 min	Aula nº:	56 e 57
Sumário:	Realização de uma experiência num simulador.						
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula		Estratégia	Recursos Didáticos		
Realização da experiência	100	- Reprodução dos passos definidos no protocolo pelos grupos; - Recolha de dados.		Simulação Trabalho de grupo	Simulador Ficha de trabalho		
Planificação da 4ª aula da intervenção							
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	04/03/2022	Duração:	50 min	Aula nº:	58
Sumário:	Elaboração de uma conclusão.						
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula		Estratégia	Recursos Didáticos		
Elaboração da conclusão	30	- Resposta às questões da ficha de trabalho; - Elaboração de uma conclusão pelos grupos para a experiência realizada.		Trabalho de grupo	Ficha de trabalho		
	10	- Apresentação das conclusões ao grupo-turna.					
	10	- Discussão sobre as conclusões apresentadas.					

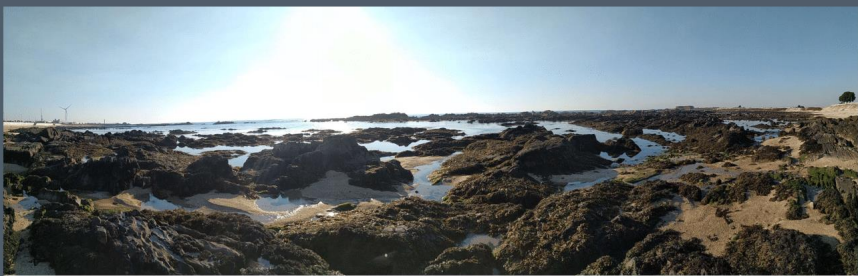
Planificação da 5ª aula da intervenção					
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	09/03/2022	Duração:	100 min
Sumário:	Formulação de hipóteses. Realização de uma experiência num simulador.				
Aula nº:	59 e 60				
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos	
Apresentação da questão de investigação	10	- Apresentação de uma nova questão de investigação.	Exposição	PowerPoint Ficha de trabalho Simulador	
Formulação de hipóteses	10	- Formulação de hipóteses pelos grupos; - Apresentação das hipóteses ao grupo-turma.			
Realização da experiência	60	- Finalização do protocolo pelo grupo-turma; - Reprodução dos passos definidos no protocolo pelos grupos; - Recolha de dados pelos grupos; - Resposta as questões da ficha de trabalho.	Simulação Trabalho de Grupo		
	10	- Apresentação das conclusões ao grupo-turma.			
Elaboração da conclusão	10	- Discussão sobre as conclusões apresentadas.			
Planificação da 6ª aula da intervenção					
Professor:	Maria Rodrigues	Data:	11/03/2022	Duração:	50 min
Sumário:	Realização de um teste.				
Aula nº:	61				
Fase do Procedimento	Duração (min)	Desenvolvimento da aula	Estratégia	Recursos Didáticos	
Conclusão da temática	10	- Apresentação sobre a zonação vertical e das adaptações dos seres vivos que habitam neste ecossistema.	Exposição	PowerPoint	
Realização de um teste cognitivo	40	- Realização de um teste individual.	Testagem	Teste	

Apêndice 2. Documento explicativo do simulador

Funcionalidades do simulador virtual



Apêndice 3. PowerPoint



Distribuição de espécies no intertidal rochoso

Intertidal rochoso

As zonas interditais são [locais de transição entre ambientes terrestre e marinho](#), onde se pode encontrar uma grande diversidade de espécies.



(Benedetti-Cecchi, 2014; Satyam & Thiruchitrabalam, 2018)

Intertidal rochoso (cont.)

A maior parte das espécies aqui presentes são espécies sésseis
de pequeno porte e com uma esperança de vida curta.



(Benedetti-Cecchi, 2014; Satyam & Thiruchitrambalam, 2018)

Questão



Quais os fatores que influenciam a distribuição
dos seres vivos nos ecossistemas?

Distribuição de seres vivos

Os **fatores abióticos** influenciam os padrões de distribuição de espécies e determinam quais os seres vivos que poderão ocupar determinado território.



Figura 1. Fatores abióticos

(Putman, 1994)

Distribuição de seres vivos (cont.)

As interações bióticas, como a predação e a competição, também influenciam a distribuição das populações nos ecossistemas.

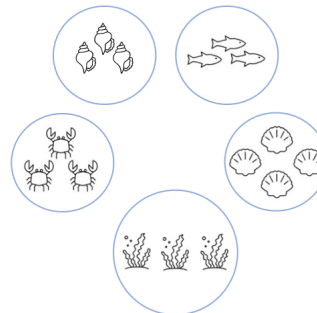


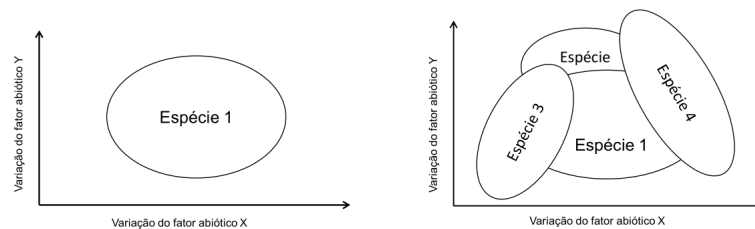
Figura 2. Representação de populações de um ecossistema

(Putman, 1994)

Nicho ecológico

O **nicho ecológico** é o papel que o ser vivo desempenha no ecossistema onde se insere e a forma como este explora os recursos disponíveis.

O nicho ecológico ocupado por uma população depende dos **fatores abióticos e bióticos**.



(Hutchinson, 1957; Moore, 2013; Polechová & Storch, 2019)

Zonação vertical

A distribuição dos seres vivos em camadas horizontais é característica dos ecossistemas intertidais, e designa-se zonação vertical.

A zonação vertical é a distribuição de seres vivos em bandas horizontais distintas, como consequência da variação dos fatores abióticos e da interação com outros seres vivos.

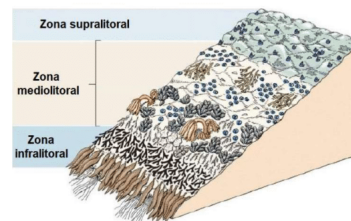


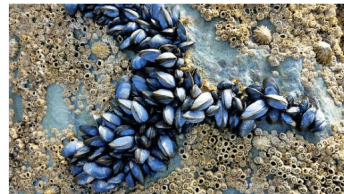
Figura 3. Zonação de um ambiente intertidal rochoso.
Adaptado de Pearson Education (2014)

(Satyam & Thiruchitrambalam, 2018)

Zonação vertical

Adaptações dos seres vivos que ocupam as zonas supralitoral e mediolitoral:

- presença de concha que protege contra a dessecação;
- presença de estruturas de fixação ao substrato;
- abrandamento do metabolismo durante o período de maré baixa.



Na zona infralitoral, a exposição ao ar não é frequente, o que faz desta zona a que contém o maior número de espécies.

(Satyam & Thiruchitrambalam, 2018)

Referência bibliográficas

- Benedetti-Cecchi, L., & Trussell, G. C. (2014). Intertidal Rocky Shores. In M. D. Bertness, J. F. Bruno, B. R. Silliman, J. J. Stachowicz (Eds.), *Marine Community Ecology and Conservation* (pp. 203-225). Sinauer Associates, Inc.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. Population studies: animal ecology and demography. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- Moore, J. C. (2013). Diversity, Taxonomic versus Functional. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd ed., pp. 648-656). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00036-8>
- Pearson Education. (2014). Barnacle competition. In: Benjamin Cummings.
- Polechová, J., & Storch, D. (2019). Ecological niche. In B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of Ecology* (2nd ed., pp. 72-80). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11113-3>
- Putman, R. J. (1994). *Community ecology*. Chapman & Hall Ltd.
- Satyam, K., & Thiruchitrambalam, G. (2018). Habitat ecology and diversity of rocky shore fauna. In C. Sivaperuman, A. Velmurugan, A. K. Singh, & I. Jaisankar (Eds.), *Biodiversity and climate change adaptation in tropical islands* (pp. 187-215). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813064-3.00007-7>

Apêndice 4. Ficha de trabalho com proposta de solução



Ficha de trabalho: As espécies no intertidal rochoso

Nome: _____ Data: _____

Parte 1

Um grupo de cientistas estuda a distribuição de duas espécies de cracas no intertidal rochoso: *Chthamalus stellatus* e *Semibalanus balanoides* (anteriormente designada *Balanus balanoides*) (Figura 1).



Figura 1. *Chthamalus stellatus* à esquerda e *Semibalanus balanoides* à direita.

O estudo da distribuição destas duas espécies de cracas tem lugar na costa oeste do País de Gales, onde as suas populações coabitam (Figura 2). Durante a investigação, os cientistas colocaram uma questão: “Será que as relações bióticas estabelecidas entre as espécies em estudo influenciam a sua distribuição?”



Figura 2. Mapa do Reino Unido, assinalado com o local onde as espécies *C. stellatus* e *S. balanoides* coabitam.

Em grupo, irás realizar o papel dos cientistas e estudar as duas espécies referidas, de modo a perceber se a distribuição das suas populações no intertidal rochoso é influenciada pelas interações bióticas que se estabelecem entre estas.

Para isto, vais realizar uma experiência num **simulador** com estas duas espécies.

Questão de investigação: Qual a influência da relação biótica estabelecida entre *C. stellatus* e *S. balanoides* na sua distribuição no intertidal rochoso?

Tarefa 1

Um procedimento experimental deverá consistir numa descrição de todos os passos necessários para a realização de um trabalho laboratorial, de modo que qualquer pessoa que o siga consiga reproduzir exatamente a mesma experiência.

Em grupo, elabora um procedimento para a experiência que permitirá responder à questão de investigação.

Deverás definir quais as variáveis que manterás fixas e quais as que serão alteradas nos diferentes ensaios, a duração de cada ensaio e a periodicidade com que vais recolher os dados.

Procedimento experimental:

1. Programa o nível das águas do mar para 0m e as alterações da maré para 3m.
2. Acrescenta ___ larvas/ml de *S. balanoides* ao aquário.
3. Regista o número de indivíduos presentes no aquário de ___ em ___ dias, durante ___ dias.
4. Elabora um desenho da distribuição da espécie no ecossistema.
5. Remove todos os indivíduos do aquário virtual.
6. Acrescenta ___ larvas/ml de *C. stellatus* ao aquário.
7. Repete os passos de 3 a 5 do procedimento.
8. Acrescenta ___ larvas/ml de *C. stellatus* e *S. balanoides* ao aquário.
9. Repete os passos de 3 a 5 do procedimento.

Deverão ser os alunos a definir os valores para preencher os espaços em branco. Os valores definidos para a quantidade de larvas/ml devem ser iguais para ambas as espécies. Também os dias em que os dados são recolhidos e a duração da experiência deverá coincidir nos três ensaios.

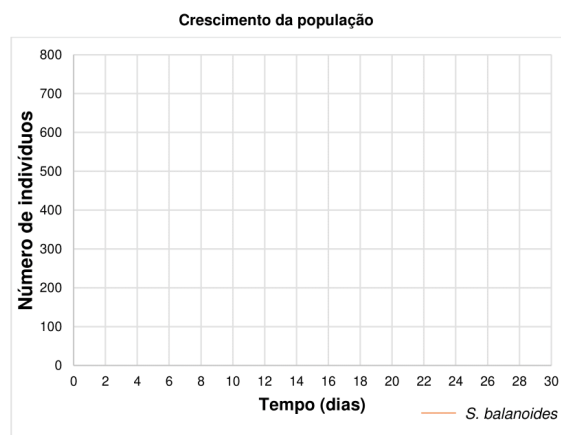
Isto é apenas uma sugestão de um possível procedimento.

Tarefa 2

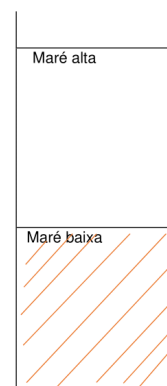
Ao realizares a experiência, deves recolher os dados com a mesma regularidade (por exemplo, de 5 em 5 dias). Neste passo vais recolher os dados como foi definido no procedimento e vais registá-los na secção dos resultados.

Resultados

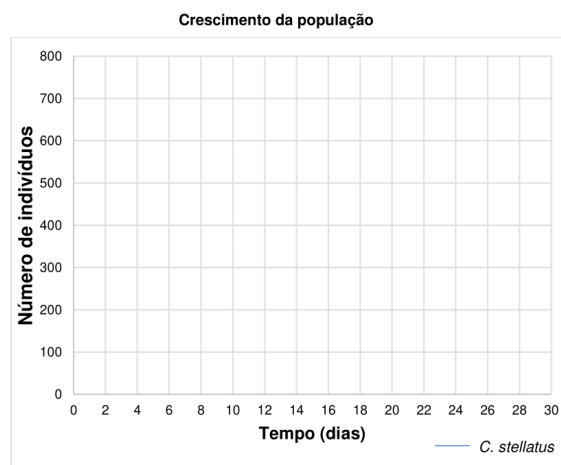
S. balanoides



Distribuição dos organismos



C. stellatus



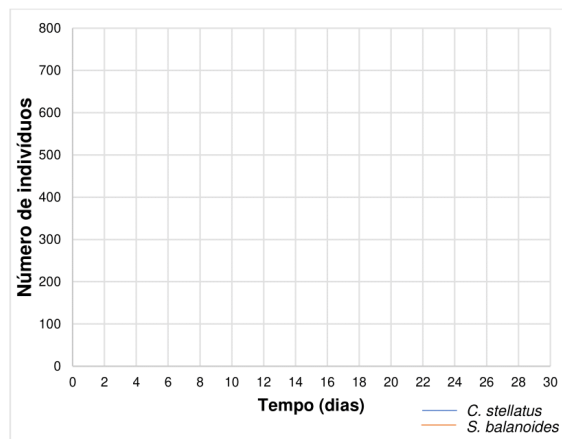
Distribuição dos organismos



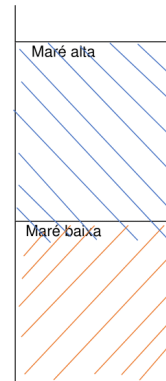
Os valores registados nos gráficos vão depender do que foi estabelecido no procedimento. Porém, o número de indivíduos da população de *C. stellatus* deverá ser superior ao de *S. balanoides*.

C. stellatus e *S. balanoides*

Crescimento da população



Distribuição dos organismos



Os valores registados nos gráficos vão depender do que foi estabelecido no procedimento. Porém, o número de indivíduos da população de *S. balanoides* deverá ser superior ao de *C. stellatus*.

Tarefa 3

Após a realização da atividade, responde às seguintes questões:

1. Indica dois fatores abióticos que condicionam a distribuição das populações no litoral rochoso.

Por exemplo: ondulação, luz, temperatura, salinidade, luminosidade, ...

2. Indica qual das espécies é mais resistente à variação dos fatores abióticos. Justifica a tua resposta.

T1: A espécie mais resistente à variação dos fatores abióticos é *C. stellatus*.

T2: Esta espécie consegue sobreviver na zona que fica submersa durante o período de maré alta e emersa durante o resto do tempo, estando sujeita a uma grande variação dos fatores abióticos (por exemplo: salinidade, temperatura, humidade, ...).

3. Refere a relação biótica que se estabelece entre as populações de *C. stellatus* e *S. balanoides*.

Competição interespecífica.

4. Tendo em conta os resultados obtidos na experiência realizada, explica se as espécies estudadas ocupam o mesmo nicho ecológico.

As espécies estudadas ocupam diferentes nichos ecológicos, o que se traduz numa ocupação de diferentes zonas do substrato rochoso.

Conclusão

Tendo em consideração as respostas às questões anteriores, formula uma resposta à questão de investigação.

T1: A relação biótica estabelecida entre estas duas espécies condiciona a distribuição da espécie *C. stellatus*, mas não a de *S. balanoides*.

T2: Na ausência de *S. balanoides*, os indivíduos da população de *C. stellatus* ocupam toda a zona estudada do substrato rochoso.

T3: Na presença de indivíduos de *S. balanoides*, a espécie *C. stellatus* ocupa apenas a zona mais superficial do substrato rochoso, ou seja, a que apenas fica imersa durante os períodos de maré alta.

Parte 2

O teu grupo de cientistas verificou que nos últimos anos têm surgido, no local em estudo, populações de *Nucella lapillus* (anteriormente designada *Thais lapillus*), uma espécie de caramujo. Decidiram, então, realizar uma experiência, em laboratório, para determinar se a presença destes animais no intertidal rochoso tem consequências nas populações de *S. balanoides* e *C. stellatus*.



Figura 3. *Nucella lapillus*.

Questão de investigação: Que consequências terá o aparecimento de *N. lapillus* nas populações de *C. stellatus* e *S. balanoides*?

Tarefa 1

Antes da realização da experiência, os cientistas formulam hipóteses. Uma hipótese é a resposta mais provável à questão colocada.

Sabendo que *N. lapillus* é um predador de ambas as espécies de cracas estudadas, em grupo, formula uma hipótese para a questão de investigação.

Hipótese:

Qualquer hipótese proposta que tente responder à questão de investigação é considerada correta.

Por exemplo: Irá ocorrer a redução do número de indivíduos de ambas as populações das espécies de cracas estudadas.

Tarefa 2

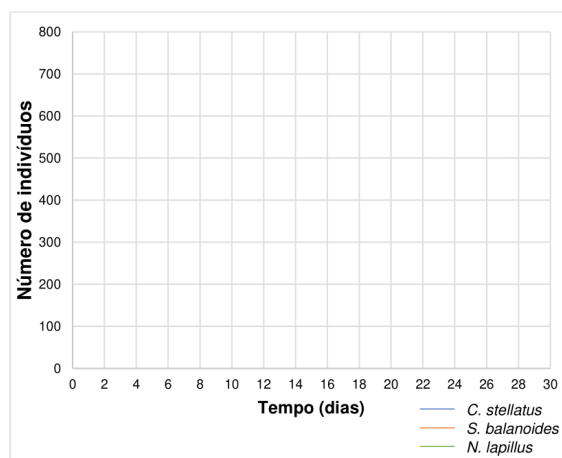
Os cientistas realizam experiências de modo a corroborar ou refutar a hipótese anteriormente definida.

Em conjunto com os teus colegas, irás preencher os espaços em branco do procedimento, de acordo com os valores utilizados no procedimento anterior. De seguida, a turma irá realizar a experiência em conjunto.

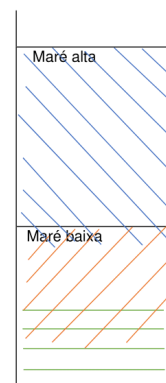
1. Programa o nível das águas do mar para ___m e as alterações da maré para ___m;
2. Acrescenta ___ larvas/ml de *S. balanoides* e de *C. stellatus* ao aquário virtual;
3. Acrescenta ___ indivíduos de *N. lapillus* ao aquário virtual;
4. Anota o número de indivíduos presentes no aquário de ___ em ___ dias, durante ___ dias;
5. No final dos ___ dias desenha a distribuição dos organismos no ecossistema.

Resultados

Crescimento da população



Distribuição dos organismos



Os valores registados nos gráficos vão depender do que foi estabelecido no procedimento. Porém, o número de indivíduos da população de *C. stellatus* deverá ser superior ao de *S. balanoides*.

Tarefa 3

Após a realização da experiência, responde às seguintes questões:

1. Que espécie de craca foi mais afetada pelo aparecimento de *N. lapillus*? Justifica a tua resposta.

A espécie mais afetada pelo aparecimento do caramujo foi *S. balanoides*, porque partilha parte do território com *N. lapillus*.

2. Os resultados corroboram ou refutam a hipótese formulada inicialmente pelo teu grupo?

Depende da hipótese elaborada.

3. Elabora uma conclusão para a experiência realizada.

T1: O aparecimento de *N. lapillus* provocará uma redução evidente do número de indivíduos da população de *S. balanoides*.

T2: A população de *C. stellatus* não é afetada pela presença de *N. lapillus*.

Apêndice 5. Grelha de observação individual



UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS



U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Grelha de observação individual

Nº	Nome	Motivação	Atenção	Interação e comunicação	Cooperação nas tarefas
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Informações adicionais:

Observador(a): _____

Investigadora: _____

Apêndice 6. Grelha de observação grupal



UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS



U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Grelha de observação grupal

Grupo	Elaboração do procedimento	Registo de dados	Formulação da conclusão	Formulação de uma hipótese
1				
2				
3				
4				

Constituição dos grupos

Grupo 1: _____

Grupo 2: _____

Grupo 3: _____

Grupo 4: _____

Informações adicionais:

Observador(a): _____

Investigadora: _____

Apêndice 7. Teste cognitivo com proposta de solução



UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS



U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Nome: _____

Data: _____ Nº: _____ Turma: _____ Classificação: _____

GRUPO I

Foi realizada, em laboratório, uma experiência para identificar as relações bióticas que se estabelecem entre três espécies de paramécias (*Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum* e *Paramecium bursaria*). Todas estas espécies se alimentam de bactérias que flutuam no meio. Contudo, *P. bursaria* também se consegue alimentar de leveduras que se depositam no fundo do meio de cultura.

Foi fornecido alimento de forma constante ao longo da experiência. O espaço disponibilizado foi idêntico em cada um dos ensaios. O número de indivíduos de cada população foi monitorizado diariamente.

Os gráficos abaixo representam o crescimento das populações quando separadas (A, B e C) e quando cultivadas em conjunto (D e E).

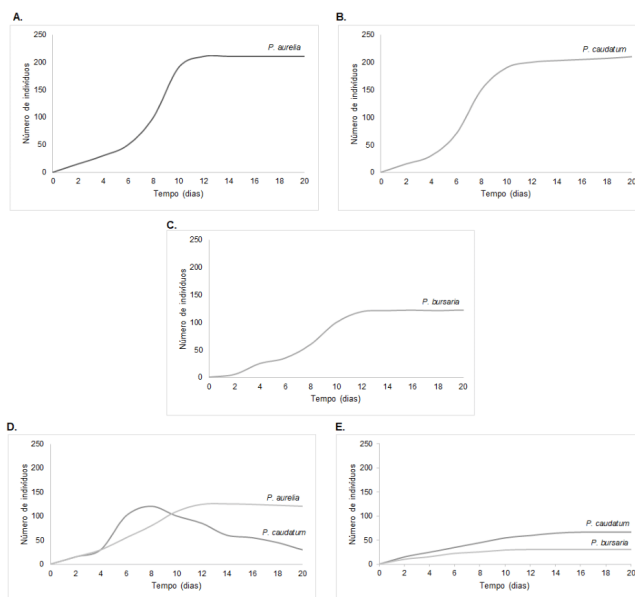


Figura 1. Crescimento de populações de paramécias. A, B, C: crescimento de populações em separado; D, E: crescimento de duas populações de paramécias quando cultivadas em conjunto.

Adaptado de Gause, G. (1934, 1935)

Gause, G. (1934). *The struggle for coexistence*. Williams & Wilkins

Gause, G. (1935). *Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie*. Hermann et Cie

1. Indica qual é a relação biótica que se estabelece entre as populações de *P. bursaria* e *P. caudatum* e entre as populações de *P. aurelia* e *P. caudatum*.

Competição interespecífica.

Na resposta aos itens de 2. a 5., seleciona a opção que permite obter uma afirmação correta.

2. A explicação mais provável para as alterações nas populações do gráfico D, por comparação aos gráficos A e B, é

- A. a população de *P. aurelia* é mais competitiva do que a população de *P. caudatum*.
- B. a população de *P. caudatum* é mais competitiva do que a população de *P. aurelia*.
- C. a população *P. caudatum* tornou-se predadora da população *P. aurelia*.
- D. a população *P. aurelia* tornou-se predadora da população *P. caudatum*.

3. A análise do gráfico E permite concluir que

- A. as populações de *P. caudatum* e *P. bursaria* não conseguem coexistir no mesmo ecossistema.
- B. a relação biótica estabelecida entre as duas espécies é benéfica para ambas.
- C. as duas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico.
- D. as duas espécies ocupam diferentes nichos ecológicos.

4. A distribuição dos seres vivos num dado local depende

- A. apenas dos fatores abióticos.
- B. unicamente das relações bióticas que se estabelecem entre os seres vivos.
- C. dos fatores abióticos do local e das relações bióticas que se estabelecem entre os seres vivos.
- D. apenas da disponibilidade de alimento.

5. Quando uma população se instala num habitat, o número de indivíduos que a constitui vai

- A. aumentar de forma ilimitada, porque o ecossistema tem sempre recursos disponíveis.
- B. aumentar, se os fatores abióticos e bióticos propiciarem o seu desenvolvimento.
- C. diminuir, porque o ecossistema tem sempre recursos disponíveis.
- D. diminuir, se os fatores abióticos e bióticos propiciarem o seu desenvolvimento.

GRUPO II

Um agricultor, ao realizar as suas colheitas, notou que os vegetais tinham marcas de dentadas. Ao observar os vegetais não colhidos reparou na presença de insetos. O agricultor realizou uma contagem aproximada da quantidade de insetos, durante 10 dias. Os resultados são apresentados na tabela seguinte.

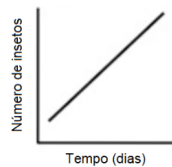
Tabela 1. Número de insetos observados e registados pelo agricultor.

Tempo (dias)	Número de insetos
2	7
4	16
8	60
10	123

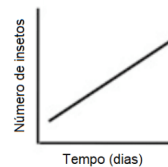
Na resposta aos itens 1. e 2., seleciona a opção que permite obter uma afirmação correta.

1. Dos gráficos seguintes, assinala aquele que representa os dados obtidos pelo agricultor.

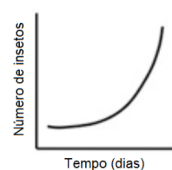
A.



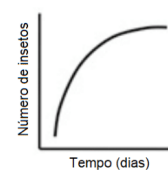
B.



C.



D.



2. Um investigador pretende testar a eficácia de um fertilizante. Para isto, aplicou o fertilizante em dois locais do seu terreno. No primeiro local, o terreno está constantemente à sombra devido à presença de árvores. No segundo local, o terreno está sempre exposto à luz solar. De seguida, plantou soja nestes dois locais.

A experiência descrita foi _____, porque _____.

- A. bem planeada (...) é possível comparar o crescimento das plantas
 - B. bem planeada (...) a competição entre as plantas irá potenciar o seu crescimento
 - C. mal planeada (...) os fatores abióticos dos dois locais são idênticos
 - D. mal planeada (...) é necessário existir um grupo de controlo
3. Um cientista pretende realizar uma experiência. **Ordena** as seguintes etapas de modo constituir a sequência do método científico.
- A. Realizar uma experiência
 - B. Chegar a uma conclusão.
 - C. Identificar um problema de investigação.
 - D. Analisar os dados.

R: C A D B

GRUPO III

Foram introduzidos 1000 coelhos num ecossistema onde não existiam predadores naturais destes animais. O gráfico seguinte mostra a evolução da população dos coelhos ao longo de 30 anos.

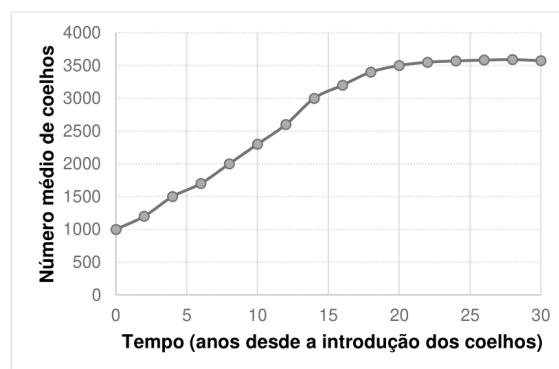


Gráfico 1. Número médio de coelhos ao longo do tempo, desde o momento da sua introdução.

Na resposta aos itens 1. e 2., seleciona a opção que permite obter uma afirmação correta.

1. Após analisar os dados deste estudo, é possível concluir que

- A. a taxa de natalidade dos coelhos igualou a de mortalidade 24 anos depois da introdução dos coelhos.
- B. surgiram predadores na área estudada 10 anos depois da introdução dos coelhos.
- C. 5 anos depois da introdução dos coelhos, surgiu uma doença que afetou esta população.
- D. a fonte de alimento dos coelhos esgotou-se 15 anos após a sua introdução.

2. O coiote é um predador do coelho. Passados 30 anos do momento da introdução dos coelhos nesta área, surgiu aqui uma população de 7 coiotes. O grupo de investigadores formulou, então, a seguinte questão de investigação: "Como evoluirá a população de coelhos após o aparecimento dos coiotes?".

A hipótese proposta pelos investigadores seria:

- A. os coiotes surgiram devido à destruição do seu *habitat*.
- B. a população de coelhos vai reduzir de número num momento inicial.
- C. os coiotes vão comer os coelhos.
- D. os coelhos vão-se esconder dos coiotes.

Apêndice 8. Pedido de consentimento informado



Declaração de Consentimento Informado

Título da investigação: Ensino orientado para a investigação com alunos do 8º ano: Exploração de um simulador na temática da dinâmica dos ecossistemas

Nome da investigadora principal: Maria Luís Rodrigues

Orientadora científica: Clara Vasconcelos

Contacto da investigadora principal: marialuis.rodrigues@gmail.com

O estudo, no âmbito do meu relatório de estágio da Iniciação à prática Profissional, irá centrar-se numa intervenção educativa que utiliza a metodologia do Ensino Orientado para a Investigação, nas aulas de Ciências Naturais do 8.º ano. Pretende-se verificar se a metodologia aplicada, que se distancia do paradigma do ensino transmissivo tradicional, promove a aprendizagem sobre a temática da dinâmica dos ecossistemas e do método científico. Para tal, decorrerá uma intervenção pedagógica integrada na normal planificação das aulas de Ciências Naturais, pelo que as aulas ocupadas com a presente investigação decorrerão de forma semelhante às restantes aulas. A investigação pretende incentivar a aplicação desta metodologia de ensino no ensino das Ciências.

Eu, o/a encarregado/a de educação abaixo assinado, declaro que:

- A. Autorizo a participação do/da meu/minha educando/a, _____, na investigação acima referida;
- B. Compreendi as informações contidas neste documento sobre a investigação supracitada;
- C. Tive a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte da investigadora principal;
- D. A participação do/da meu/minha educando/a na investigação mencionada incluirá a realização de um teste, aplicado pela investigadora principal;
- E. Compreendi que a participação do/da meu/minha educando/a é voluntária e que poderá desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da sua colaboração;
- F. Percebi que os dados recolhidos serão tratados de forma anónima por parte dos investigadores;
- G. Entendi que os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa.

O/A encarregado/a de educação:

A investigadora principal:

(Maria Rodrigues)

Data: ____/____/____

Data: ____/____/____

Apêndice 9. Pedido de assentimento informado



UNIDADE DE ENSINO
DAS CIÊNCIAS



Declaração de Assentimento Informado

Título da investigação: Ensino orientado para a investigação com alunos do 8º ano: Exploração de um simulador na temática da dinâmica dos ecossistemas

Nome da investigadora principal: Maria Luís Rodrigues

Orientadora científica: Clara Vasconcelos

Contacto da investigadora principal: marialuis.rodrigues@gmail.com

Olá!

Venho convidar-te para participares num projeto que decorrerá durante as nossas aulas de Ciências Naturais, sobre a dinâmica dos ecossistemas. Esta investigação é importante para promover a aprendizagem da temática de forma diferentes e divertida, através do uso de um simulador. A tua participação é muito importante para o sucesso deste projeto.

Se estiveres disposto/a a colaborar neste projeto, peço-te que leias e assines por baixo da seguinte frase:

Eu, abaixo assinado, aceito participar neste projeto, sabendo que é garantido o anonimato, a confidencialidade, proteção e segurança dos dados dos intervenientes. Compreendi que a minha participação é voluntária e anónima. Sei que posso desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo, mas compreendo que o sucesso deste estudo depende da minha colaboração.

O/A aluno/a:

Data: ____/____/____

Obrigada pela tua colaboração e bem-vindo/a ao grupo de investigação!

A investigadora principal:

(Maria Rodrigues)
Data: ____/____/____

Apêndice 10. Grelhas de observação individual preenchidas

Nº	Motivação		Atenção		Interação e comunicação		Cooperação nas tarefas	
	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2
1	3	3	3	2	2	2	2	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	2	3	2	3
4	2	2	2	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	2
7	2	2	3	3	3	3	2	3
8	3	3	3	3	3	3	3	3
9	2	2	2	2	2	3	2	3
10	3	3	3	3	3	3	3	3
11	3	3	3	3	3	3	3	3
12	2	2	2	2	2	2	2	2
13	2	2	2	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	2	3	2	3
15	2	2	2	2	2	2	2	2
16	2	3	2	3	3	3	3	3

Apêndice 11. Grelhas de observação grupal preenchidas

Nº	Elaboração do procedimento		Registo de dados		Formulação da conclusão		Formulação de uma hipótese	
	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 1	Obs. 2
1	2	2	3	3	3	3	3	3
2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	2	2	3	3	3	3	3	3
4	2	2	3	3	3	3	3	3

Apêndice 12. Grelha de classificação do teste cognitivo

Questão		Grupo I					Grupo II			Grupo III			Total (%)
		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	10	
Cotação		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Nº	Nome												
1		0	0	0	10	10	0	0	10	10	10	10	50
2		10	10	0	10	10	0	10	0	0	10	10	60
3		10	0	0	0	10	0	0	0	10	10	10	40
4		10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	30
5		10	0	10	10	0	0	0	10	10	0	0	50
6		0	0	10	0	0	10	0	0	0	10	10	30
7		10	10	0	10	10	0	10	0	10	10	10	70
8		10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	90
9		10	10	0	10	10	10	0	10	10	0	0	70
10		10	0	10	10	10	10	0	10	10	10	10	80
11		10	10	0	10	10	0	0	0	10	10	10	60
12		0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	20
13		0	10	0	10	10	10	0	0	10	10	10	60
14		0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	10	20
15		10	10	0	10	0	0	0	0	10	10	10	50
16		10	10	10	10	10	0	10	0	10	10	10	80