



UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DA BIOLOGIA E DA GEOLOGIA: EXPLORAÇÃO DAS TEMÁTICAS DOS CICLOS DE VIDA E BACIAS HIDROGRÁFICAS

Pedro Miguel da Costa Ribeiro

Mestrado em Ensino da Biologia e da Geologia no 3ºCiclo do Ensino Básico
e no Ensino Secundário

Departamento de Biologia e Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do
Território

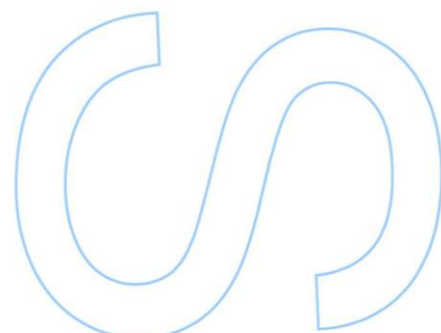
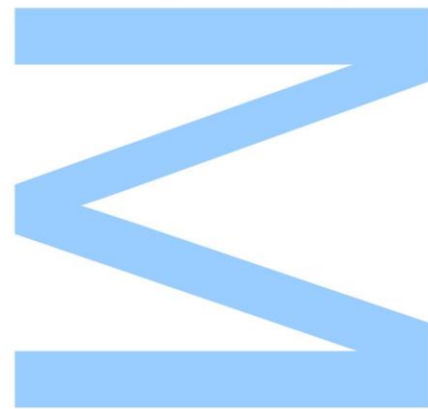
2014

Orientador

Prof. Alexandre Valente, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências

Orientadora

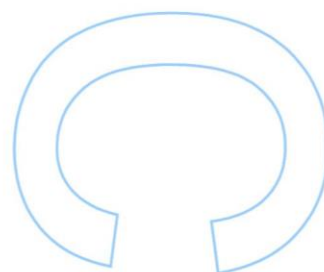
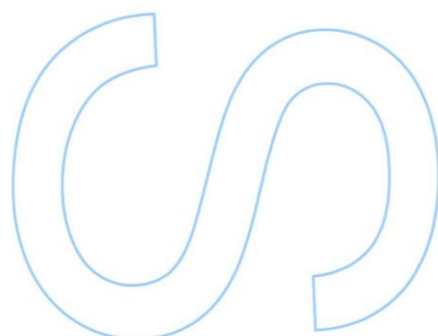
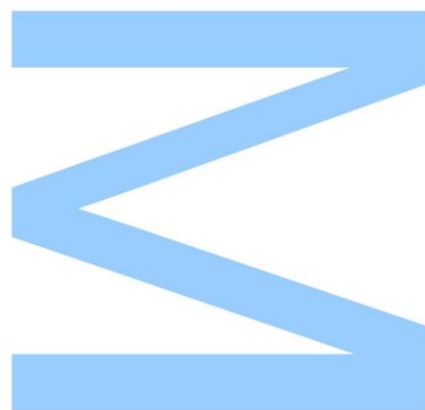
Prof.^a Clara Vasconcelos, Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências





Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____ / ____ / ____



Agradecimentos

Durante este ano de estágio foram várias as pessoas que me acompanharam nos bons e maus momentos. Assim gostaria de agradecer a todas as pessoas que de uma forma, direta ou indireta, contribuíram para hoje estar aqui a finalizar o relatório de estágio, sem diminuir o valor ou a importância das pessoas que não se encontram aqui mencionadas, queria agradecer particularmente às seguintes:

Queria agradecer aos meus pais, Joaquim e Rosa, por todo o apoio que me deram ao longo de todo o meu percurso escolar, pela educação e carinho que me deram, o que me ajudou a moldar a pessoa que sou hoje.

Queria agradecer ao Professor Jorge Guimarães por me ter acompanhado durante o estágio na escola, pelos sábios conselhos e ajuda ao longo da prática de ensino supervisionado. Queria agradecer ainda a simpatia, o carinho e toda a ajuda dada pelas Professoras Leonor Antunes e Lucinda Mota.

Queria agradecer à minha colega de estágio, Cátia Soares, por todos os momentos em que me ajudou e esteve ao meu lado para me ouvir, ajudar e criticar. Foram bons os momentos que partilhamos juntos e ambos tornamo-nos melhores professores com a ajuda e conselhos mútuos.

Queria agradecer ao orientador Alexandre Valente por toda a sua dedicação, paciência, ajuda, críticas e conselhos ao longo deste ano, em que por várias vezes errei, mas sempre me ajudou a melhorar.

Queria agradecer à orientadora Clara Vasconcelos por todos os conselhos que me deu ao longo do mestrado, pela sinceridade e críticas construtivas que fez às minhas ideias, sempre com o objetivo de melhorar o meu desempenho.

Por último e não menos importante, queria agradecer à minha namorada, Filipa, por todos os momentos em que me ajudou, apoiou e compreendeu, foram vários os momentos em que me amparou na revisão de textos, na construção de aulas, nas críticas construtivas que me ajudaram a melhorar os meus projetos e nos bons e maus momentos em que foi forte o suficiente para me ajudar a ultrapassar os meus problemas.

Às restantes pessoas - Professor Vasco Almeida, Professor Calafate, Professora Susana Pereira, Teresa Melo, Manuel Melo, Mónica Melo, Nuno Ribeiro, Xana Sá Pinto – queria deixar um agradecimento por todo o apoio que me deram ao longo deste mestrado.

Resumo

A aprendizagem baseada na utilização de modelos insere-se na perspetiva de ensino orientada para a investigação, conhecida na literatura da especialidade como *Inquiry Based-Teaching*.

Um Modelo é um sistema simplificado capaz de simular algumas variáveis significativas de um outro sistema que pertence ao mundo real. A construção de modelos para o ensino, assim como a utilização de organismos modelo, tem como finalidade a simplificação de fenómenos ou sistemas naturais, demasiado complexos ou temporalmente demasiado longos para a compreensão humana (Justi, 2006; Sampaio, 1998).

Os principais argumentos favoráveis à utilização de modelos para o ensino das ciências prendem-se, por um lado, com a sua fácil aplicabilidade e aceitação por parte dos alunos e, por outro, porque mobiliza os alunos a aprender ciência, a aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência (Justi, 2006).

Assim pretendemos verificar se a utilização de modelos no ensino contribui para o processo de aprendizagem das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas*. O problema de investigação foi analisado através da implementação de um projeto de investigação, que consistiu na utilização de modelos no ensino das temáticas *Ciclos de vida* e *Bacias hidrográficas*, e avaliado através da análise de mapas de conceitos, construídos pelos alunos antes e depois da concretização do projeto.

Após a análise estatística dos resultados observou-se a existência de diferenças significativas entre os mapas de conceitos pré-teste e pós-teste elaborados pelo grupo de controlo e pelo grupo experimental. Com estes resultados podemos inferir que os alunos do grupo experimental desenvolveram um raciocínio científico e adquiriram saberes relacionados com o processo científico, como por exemplo recolher factos, gerar explicações, argumentar e comunicar.

Palavras-Chave

Aprendizagem baseada em modelos; Bacia hidrográfica; Ciclos de vida; Organismos modelo; Modelos para o ensino.

Abstract

The model-based learning is integrated in an inquiry approach, known in literature as Inquiry Based-Teaching.

A model is a simplified system capable of simulating some significant variables from another system that belongs to the real world. The construction of models for teaching, as well as the use of model organisms, aims to simplify a phenomenon or natural systems, too complex or temporally too long for human comprehension (Justi, 2006; Sampaio, 1998).

The main favourable arguments for the use of models for teaching, on the one hand, is the easy applicability and acceptance by students sciences and, secondly, because it mobilizes students to learn science, learning about science and learn how to do science (Justi, 2006).

So we intend to verify if the use of models for teaching contributes to the learning process of the themes of life cycles and hydrographic basins. The research problem was analyzed by implementing a research project, which involved the use of models in the teaching of the themes of life cycles and hydrographic basins, and evaluated through the analysis of concept maps constructed by students before and after the implementation of the project.

After statistical analysis the results showed the existence of significant differences between the concepts maps of pre-test and post-test elaborate by the control and experimental group. With these results we can conclude that students in the experimental group developed a scientific reasoning and have acquired knowledge related with the scientific process, such as gathering facts, generating explanations, argue and communicate.

Key-words

Model-based learning; Watershed; Life cycles; Model organisms; Models for teaching.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	II
ABSTRACT.....	III
LISTA DE QUADROS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento educacional	2
1.2. Enquadramento científico e revisão da literatura	8
2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	20
2.1. Problema de investigação	20
2.2. Objetivo e hipótese da investigação	20
2.3. Metodologia, técnicas e instrumentos de investigação.....	21
PROGRAMA DE INTERVENÇÃO	25
2.4. Contextualização curricular.....	26
2.5. Agendamento do programa de intervenção.....	28
2.6. Planificação das sessões do clube	29
2.7. Considerações sobre os modelos construídos	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1. Análise dos mapas de conceitos por áreas temáticas.....	33
3.2. Análise conjunta dos mapas de conceitos	36
4. CONCLUSÕES	38
5. IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXOS	45
ANEXO I – FICHAS ELABORADAS PARA OS MAPAS DE CONCEITOS SOBRE <i>CICLOS DE VIDA E BACIAS</i> <i>HIDROGRÁFICAS</i>	45
ANEXO II – MAPAS DE CONCEITOS REFERÊNCIA	46
ANEXO III – LISTA DE MATERIAL UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS	47
ANEXO IV – DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	47
ANEXO V – TABELAS DAS COTAÇÕES DOS MAPAS DE CONCEITOS.....	52
ANEXO VI – MAPAS DE CONCEITOS ELABORADOS PELOS ALUNOS	52

Lista de Quadros

Quadro 1 - Grau de suscetibilidade à erosão das várias classes de solo relacionados com as várias percentagens de declive (Retirada de Guimarães & Cordeiro, 2008, pp. 179).	19
Quadro 2 - Quadro recapitulativo dos alunos envolvidos no estudo.....	25
Quadro 3 - Resumo dos objetivos e conteúdos programáticos sobre os Ciclos de Vida, do programa de Biologia e Geologia 11º do Ministério da Educação (Amador <i>et al.</i> , 2002).	27
Quadro 4 - Resumo dos objetivos e conteúdos programáticos sobre a ocupação antrópica e problemas de ordenamento e bacias hidrográficas, do programa de Biologia e Geologia 11º do Ministério da Educação (Amador <i>et al.</i> , 2002).	28
Quadro 5 – Descrição detalhada dos conteúdos e procedimentos abordados em cada sessão do Clube “Construir Ciência – Do papel para a prática”.	31
Quadro 6 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Mann-Whitney aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste, para cada um dos módulos.	34
Quadro 7 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Wilcoxon aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste do grupo experimental e de controlo, para cada um dos módulos.	35
Quadro 8 – Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Mann-Whitney aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste.....	37
Quadro 9 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Wilcoxon aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste do grupo experimental e de controlo.....	38

Lista de Figuras

Fig. 1 - Esquema de um ciclo de vida completo de um organismo haplonte.	9
Fig. 2 - Esquema de um ciclo de vida de um ser diplonte (<i>Phengaris alcon</i>).....	10
Fig. 3 - Ilustração do ciclo de vida do Polipódio, que apresenta um ciclo de vida haplodiplonte (Retirado de Silva, Garmaxo, Santos, Mesquita, & Baldaia, 2002, pp. 95).	11
Fig. 4 - Representação de um ciclo de vida de uma colónia de formigas (Adaptado de Lach <i>et al.</i> , 2010, pp. 168).	13
Fig. 5 - Área de drenagem das bacias nacionais e internacionais que desaguam em território português, antes e depois da construção de barragens (Retirado de Ribeiro, 2009, pp. 2).	16
Fig. 6 - Modelo de acumulação de sedimentos numa albufeira (Adaptado de Ribeiro, 2009, pp. 9).	17
Fig. 7 - Gráfico do tipo caixa de bigodes das classificações dos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste do módulo de Biologia e de Geologia. Os gráficos apresentados encontram-se organizados em <i>clusters</i> de grupo de controlo e experimental,	34
Fig. 8 – Gráfico de caixa de bigodes das classificações obtidas pelos grupos experimental e de controlo nos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste.	36
Fig. 9 - Gráfico de caixa de bigodes com a evolução das classificações do pré-teste para o pós-teste, dos grupos experimental e de controlo.	37

1. Introdução

Atualmente o ensino das ciências depara-se com um mundo incerto, que se caracteriza por rápidas e complexas alterações, o que provoca grandes desafios para a educação em ciência (Bolacha *et al.*, 2006). Assim, o professor de hoje deve assumir o compromisso de acompanhar as mudanças, adaptando-se e aplicando novas estratégias ao ensino das ciências (Justi, 2006).

Aprender sobre ciência e tecnologia é, segundo Justi (2006), decidir e compreender a sua natureza, assim como os seus métodos de trabalho, sem nunca descartar as interações que existem entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (Bolacha *et al.*, 2006). Neste âmbito, a aprendizagem é um processo gradual e contínuo de enriquecimento e reestruturação da estrutura cognitiva. Desta forma deve-se promover um ensino que vá de encontro à forma como se processa a aprendizagem.

A construção e utilização de modelos podem constituir, nesse contexto, uma mais-valia para o ensino das ciências. Por um lado, porque promoverá a mobilização de conhecimentos, tanto de novos como dos já adquiridos, e por outro lado, porque poderá ainda ser utilizada para avaliar a estrutura cognitiva do aluno, uma vez que os modelos serão representações físicas da sua estrutura cognitiva (Bolacha *et al.*, 2006; Bolacha, Deus, & Fonseca, 2011).

A aprendizagem baseada na utilização de modelos pode ser enquadrada numa estratégia que se pode designar “*minds-on - hands-on*”, ou seja, pretende-se que os alunos aprendam Ciência, aprendam a natureza da Ciência e aprendam como se faz Ciência e que estejam envolvidos na atividade experimental quer a nível cognitivo quer através da experimentação (Bolacha, 2014).

Esta aprendizagem baseada na utilização de modelos insere-se na perspetiva de ensino orientada para a investigação, conhecida na literatura da especialidade como *Inquiry Based-Teaching*. Desta forma a aprendizagem baseada na utilização de modelos parte de um problema real, do quotidiano e pretende promover o questionamento científico e pensamento crítico, em que os alunos investigam as possíveis soluções e comparam-nas com as explicações científicas (Vasconcelos & Almeida, 2012).

Assim, com a aplicação da metodologia de aprendizagem baseada na utilização de modelos pretende-se promover o questionamento e a procura de soluções por via autónoma através da experimentação, facilitando a aprendizagem de novos saberes e desenvolvimento de um pensamento científico crítico (Vasconcelos & Almeida, 2012).

Desta forma, com base na revisão da literatura sobre as temáticas *Ciclos de vida e Bacias hidrográficas* e da sua exploração através da utilização de modelos, pretendemos aprofundar a importância que a aprendizagem baseada na utilização de modelos tem no ensino das ciências. Com recurso a esta abordagem pretende-se que os alunos compreendam os processos de meteorização, erosão, transporte e deposição dos sedimentos numa bacia hidrográfica e o impacto das infraestruturas antrópicas neste processo, com o intuito de melhorar a prática pedagógica e compreender e distinguir os diferentes ciclos de vida, recorrendo a diferentes organismos modelo.

1.1. Enquadramento educacional

Modelos

O conceito de Modelo pode assumir diferentes significados, tais como: maquete, esboço, manequim, desenho, objeto que serve para ser imitado, etc. Desta forma, no presente estudo adotou-se a definição de conceito, como sendo um sistema simplificado capaz de simular algumas variáveis significativas de um outro sistema que pertence ao mundo real (sistema alvo) (Bolacha *et al.*, 2011; Sampaio, 1998; Sarkar, Pfeifer, & Garson 2006). Desta forma, um modelo em investigação tem como objetivo, tanto quanto possível, a construção fidedigna de um novo mundo (mundo criado), representando fenómenos, entidades ou processos que ocorrem no mundo real (Braga, 2007).

Alguns dos modelos consensualmente mais aceites na literatura da área são os modelos fenomenológicos, os modelos computacionais, os modelos de desenvolvimentos, os modelos explicativos, os modelos teste, os modelos idealizados, os modelos para o ensino, os modelos análogos, os modelos heurísticos, os modelos de fenómeno (onde se inserem os organismos modelo) (Justi, 2006; Sarkar *et al.*, 2006), embora existam diversos autores que afirmam que a nomenclatura utilizada não é consensual entre todos (Sarkar *et al.*, 2006). No presente trabalho será utilizada a nomenclatura de Sarkar *et al.* (2006).

A construção de modelos para o ensino, assim como a utilização de organismos modelo, tem como finalidade a simplificação de fenómenos ou sistemas naturais, demasiado complexos ou temporalmente demasiado longos para a compreensão humana (Justi, 2006; Sampaio, 1998). Ao mesmo tempo permite reproduzir parte da natureza, utilizando instrumentos e materiais, isolando

e testando alguns dos seus fatores (variáveis) que nos interessam para explicar determinado fenómeno (Bolacha, 2014).

A construção de modelos permite exercitar as capacidades cognitivas e criativas de um professor e de um aluno e permite, na maioria dos casos, interagir e avaliar a forma como se passa do mundo real para o mundo modelado (Sampaio, 1998).

Segundo Sarkar *et al.* (2006) os modelos são o veículo que nos permite compreender o nosso mundo. Desta forma, o processo de aprendizagem baseado em modelos ocorre ao longo de três fases: denotação, demonstração e interpretação. Assim, o processo de aprendizagem inicia-se quando se estabelece uma relação representativa lógica entre o modelo e o sistema alvo a modelar (denotação); posteriormente ao explorar o modelo com o objetivo de testar ou simular determinados parâmetros, estamos a utilizar o modelo como um auxiliar da aprendizagem (demonstração). Mas o objetivo principal da utilização de modelos no ensino é a sua utilização como auxiliar do processo de aprendizagem. Desta forma, a aprendizagem só fica concluída quando se realiza a transferência e tradução dos conhecimentos sobre o modelo idealizado (Sarkar *et al.*, 2006) para conhecimentos sobre o mundo real ou sistema alvo (interpretação).

A analogia é um fator preponderante para o sucesso, ou fracasso, da construção e interpretação dos modelos para o ensino. A analogia é um processo cognitivo de transferência de informação, ou significado, de um caso particular para outro caso particular. Genericamente estabelece-se uma relação de semelhança entre dois ou mais objetos diferentes, podendo esta semelhança ser física, causal ou funcional (Bolacha, 2014).

No entanto, as analogias devem ser utilizadas sempre com cautela, pois frequentemente as analogias simples, ou seja, quando as semelhanças são reduzidas entre o objeto original e o análogo, podem provocar ou promover a aprendizagem de saberes errados (Bolacha, 2014). Já o enfoque excessivo nas relações de semelhança entre o objeto original e o análogo pode comprometer futuras aprendizagens mais complexas (Bolacha, 2014).

Ainda, segundo Bolacha (2014) a utilização de aspetos, ou relações, irrelevantes entre os dois objetos pode promover o aparecimento de falsas deduções, ou generalizações, promovendo o enviesamento do conhecimento aprendido relativamente ao conhecimento científico que se pretende que os alunos aprendam.

Modelo para o ensino

Recorrentemente os professores utilizam analogias para simplificar conceitos complexos e transformar conceções abstratas em conceções concretas. Assim, a utilização de modelos didáticos facilita a comparação entre conceitos ou objetos invulgares ou desconhecidos com outros que são mais familiares aos alunos (Bolacha *et al.*, 2006).

Os principais argumentos favoráveis à utilização de modelos para o ensino das ciências prendem-se, por um lado, com a sua fácil aplicabilidade e aceitação por parte dos alunos e, por outro, porque mobiliza os alunos a aprender ciência, a aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência (Justi, 2006). A utilização de modelos para o ensino das ciências na sala de aula promove ainda o desenvolvimento de capacidades nos alunos em vários domínios (psicomotor, cognitivo ou afetivo) (Bolacha *et al.*, 2006).

A aplicação de modelos para o ensino das ciências promove a aprendizagem pelo menos em dois momentos distintos e que são, a construção do modelo e a sua utilização (Sarkar *et al.*, 2006). Desta forma, deve-se, sempre que possível, construir os modelos com o auxílio dos alunos, maximizando a aprendizagem dos mesmos.

A integração dos alunos na construção de um modelo traz mais-valias para a sua aprendizagem, pois promove o desenvolvimento de capacidades de análise, de síntese e de raciocínio científico. Assim, autonomamente, são capazes de investigar possíveis soluções através da delimitação das variáveis a testar, ou dos processos que pretende modelar, recorrendo a vários materiais suscetíveis de simular os fenómenos naturais (Bolacha *et al.*, 2006; Justi, 2006).

Os modelos para o ensino pretendem simular os fenómenos naturais de uma forma mais fiel possível, podendo estabelecer diversas analogias, mas não podem, nem devem, ser confundidos com modelos análogos. Para ser considerado um modelo análogo, o modelo deve representar as funções de um objeto ou fenómeno, conservando as proporções necessárias para que essa função ou fenómeno real possa ser estudado e extrapolado (Bolacha, 2014).

Parafraseando Bolacha (2014), não pode ser considerada modelação análoga, por exemplo, a formação de réplicas de fósseis em gesso. Assim, só poderemos considerar modelação análoga se reproduzir o processo geológico que promoveu a formação de fósseis e, para tal, será necessário recriar os processos petrogenéticos envolvidos.

Pelos factos atrás mencionados, o presente modelo de bacia hidrográfica reproduz apenas alguns fenómenos geológicos, não podendo desta forma ser classificado como um modelo análogo. Tratando-se, por exemplo, de simulação experimental que respeite algumas proporções entre as grandezas do modelo e as do fenómeno real, apenas poderemos classificá-lo como modelo para o ensino, pois este modelo respeitaria parcialmente a escala, conservando ainda as propriedades químicas e físicas reais da água e dos sedimentos utilizados. Por fim a escala temporal e espacial do modelo não poderia ser considerada real, bem como os materiais que formam o relevo da bacia hidrográfica.

No presente trabalho iremos considerar o nosso aparato experimental como um modelo para o ensino e não como um modelo análogo, uma vez que o objetivo principal não é recriar as propriedades cinéticas, geométricas e dinâmicas da bacia hidrográfica (Bolacha, 2014), nem simular de uma forma realista e objetiva as propriedades reológicas dos elementos pertencentes à bacia hidrográfica, nem mesmo recriar a escala espacial ou temporal dos fenómenos (Bolacha *et al.*, 2011). Assim, pretende-se utilizar o aparato experimental para simular e compreender de uma forma simplista o efeito de erosão, transporte e sedimentação de alguns tipos de sedimentos numa bacia hidrográfica (Bolacha *et al.*, 2006). Embora o modelo não seja análogo, estabelece analogias.

A utilização de modelos para o ensino numa sala de aula enquadra-se no trabalho do tipo experimental, uma vez que estes envolvem o controlo e manipulação de variáveis, podendo ser atividades laboratoriais ou outro tipo de atividades práticas (Bolacha *et al.*, 2006).

Apesar das dúvidas ainda existentes relacionadas com a terminologia e a abrangência de cada modelo, o que importa realçar para o presente trabalho é a importância comprovada do impacto que os modelos têm no ensino da Biologia e da Geologia.

Modelo de fenómeno - Organismos Modelo

Os modelos de fenómeno são modelos científicos, em que o fenómeno a modelar serve para abarcar todas as características do sistema alvo. Desta forma, estes modelos são elaborados a escalas menores, mas sem nunca perderem o ponto-de-vista científico. Os modelos utilizados em ciências da vida são um exemplo de modelos de fenómeno. Assim, sempre que se utiliza um organismo modelo em particular com a finalidade de investigar mais sobre os fenómenos (por

exemplo os ciclos de vida) dessa espécie ou de espécies semelhantes, consideramos que se trata de um modelo de fenómeno (Sarkar *et al.*, 2006).

A utilização de organismos modelo na investigação científica e no ensino das ciências pode ocorrer em pelo menos dois cenários distintos: 1) os animais são utilizados como sistemas modelo na investigação de fenómenos e/ou processos que não podem ser estudados diretamente; 2) os organismos modelo são utilizados e manipulados de forma a investigar um problema específico, como por exemplo uma doença, com o objetivo de encontrar curas ou respostas aos problemas de outras espécies (Roese, 2013; Twyman, 2002).

Normalmente, os organismos modelo utilizados em investigação, são organismos amplamente estudados (existem conhecimentos sólidos sobre os seus processos fisiológicos, sobre a sua morfologia, sobre o seu comportamento, ...), de fácil manutenção e que possuam a capacidade de se reproduzirem num ambiente de laboratório (Hedges, 2002; Twyman, 2002). Alguns dos organismos que no último século têm tido um papel fundamental no avanço da ciência são, entre muitos outros, diferentes espécies de ratos (*Mus musculus*, *Rattus rattus*), a mosca da fruta (*Drosophila melanogaster*), o peixe-zebra (*Danio rerio*), o Nemátode *Caenorhabditis elegans*, várias bactérias (*Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*), a arabeta (ou erva-estrelada) e *Arabidopsis thaliana* (Collin, 2013; Hedges, 2002; Maria, 2009).

Quando se pretende utilizar um organismo para reproduzir um sistema natural específico, é necessário considerar alguns requisitos no momento da escolha. Entre outros, podemos enumerar os seguintes (Roese, 2013):

- Relevância do animal para o problema em estudo;
- Validade e fiabilidade do sistema modelo;
- Previsibilidade do modelo;
- Facilidade e disponibilidade de obtenção do animal.

Deve-se ainda ter em conta o ciclo de vida do animal, comportamento e dieta da espécie (Lu, 2013; Roese, 2013). Relativamente ao ciclo de vida de um animal devemos ter em consideração no momento da escolha os seguintes aspetos: tamanho do animal adulto, rapidez de crescimento e desenvolvimento; idade fértil; frequência de reprodução; duração da gestação; número de descendentes por ninhada e esperança média de vida (Hedges, 2002; Lu, 2013; Roese, 2013). Nos modelos utilizados no ensino das ciências opta-se, normalmente, por espécies de pequeno porte e com um ciclo de vida curto, pois estas características são

selecionadas já que permitem observar facilmente as várias fases do seu desenvolvimento. Deve ainda ter-se em consideração as necessidades nutricionais, as características específicas do seu habitat e os requisitos para que se reproduzam com sucesso. Caso estes requisitos não sejam supridos, podem surgir dificuldades na manutenção das espécies, o que poderá promover o aparecimento de anomalias no ciclo do modelo.

Organismos modelo no ensino

A utilização de organismos modelo como recurso educativo para promover e facilitar a aprendizagem dos alunos, tem sido frequentemente utilizada nas salas de aula e por diferentes disciplinas. Cada área disciplinar utiliza os organismos de diferentes formas, por exemplo, a *Escherichia coli* é frequentemente utilizada em aulas de microbiologia; já a *Drosophila melanogaster* é usualmente utilizada para ensinar conteúdos de genética (Hedges, 2002; Lu, 2013).

A sua utilização no ensino acarreta várias vantagens, principalmente porque deixamos a dimensão teórica do ensino e passamos para uma dimensão mais prática, onde os alunos podem manipular variáveis, fenómenos e características do meio ambiente, existindo posteriormente a hipótese de observar os efeitos dessas alterações no organismo modelo. Desta forma, os alunos têm a oportunidade de observar o mecanismo de causa-efeito, o que pode melhorar a compreensão dos conteúdos e consequentemente promover uma melhoria na atenção e interesse do aluno (Justi, 2006).

Por último e não menos importante, os alunos têm a oportunidade de recriar investigações científicas com organismos modelo reais e explorar os métodos e os próprios conceitos científicos. Com base nos dados recolhidos, podem ainda inferir as suas próprias conclusões e posteriormente compará-las com as conclusões científicas reais (Sarkar *et al.*, 2006; Lu, 2013).

Quando se pretende utilizar sistemas modelo numa sala de aula, os organismos modelo são normalmente preteridos em relação aos restantes organismos vivos, porque estes normalmente apresentam já sistemas modelo testados e validados, facilitando a ligação entre os conteúdos da experiência e os conteúdos do currículo escolar (Lu, 2013).

1.2. Enquadramento científico e revisão da literatura

Ciclos de vida

Todos os organismos passam obrigatoriamente por uma série de estádios de desenvolvimento, mais ou menos complexos, ao longo da sua vida. O objetivo principal destes sucessivos estádios é o de voltar ao ponto inicial de desenvolvimento, sob a forma de uma nova descendência. Ao conjunto destes sucessivos estádios damos o nome de ciclo de vida (Gilbert, 2000).

Os *Ciclos de vida* de organismos com reprodução sexuada podem ser divididos em duas fases, uma fase de crescimento somático (fase vegetativa) e uma fase reprodutiva. A fase vegetativa do ciclo de vida caracteriza-se pelo crescimento do organismo, que ocorre por sucessivas mitoses e diferenciação celular, tendo como objetivo último, atingir a fase de reprodução. A fase reprodutiva do ciclo de vida caracteriza-se pela produção de gametas, através da meiose, e posterior fusão dos gametas, originando desta forma uma nova geração (Gilbert, 2000).

Para que um ciclo de vida de um organismo com reprodução sexuada se complete, é necessário que ocorra um processo de alternância de fases nucleares, compreendendo uma fase haplóide (n cromossomas) e uma fase diplóide ($2n$ cromossomas). Esta alternância de fases nucleares é obtida pelo processo de meiose, que transforma uma célula com núcleo diplóide em 4 células com núcleos haplóides, e pelo processo de fecundação que, através da conjugação de 2 células com núcleo haplóide, permite obter uma célula com núcleo diplóide.

Nos animais e nas plantas vasculares, o crescimento e desenvolvimento somático do organismo ocorrem principalmente na fase diplóide, sendo que a fase haplóide está circunscrita às células germinativas. No entanto, é possível observar que em muitos eucariontes, o crescimento e desenvolvimento pode ocorrer em ambas as fases e podem ainda apresentar, dependendo do organismo, uma duração variável na duração de cada fase do ciclo de vida (Gilbert, 2000).

Assim, os *Ciclos de vida* podem ser divididos em três tipos diferentes:

- Ciclo de vida haplonte;
- Ciclo de vida diplonte;
- Ciclo de vida haplodiplonte.

Ciclo de vida Haplonte

Num ciclo de vida de um organismo haplonte (Figura 1) a entidade multicelular é haplóide (n cromossomas), correspondendo à maior parte do ciclo de vida do organismo, enquanto a fase diplóide se encontra limitada ao zigoto (Gilbert, 2000).

Assim, o ciclo de vida desenvolve-se da seguinte forma: o zigoto com núcleo diplóide ($2n$ cromossomas) sofre uma meiose (designada pós-zigótica por ocorrer logo após a formação do zigoto) que origina 4 células com o núcleo haplóide (n). Cada uma destas células com núcleo haplóide vai originar um organismo multicelular de maiores dimensões após sucessivas mitoses. É este organismo multicelular que, por conjugação de células com núcleo haplóide, vai dar origem a um zigoto com núcleo diplóide ($2n$), completando desta forma o seu ciclo de vida (Gilbert, 2000).

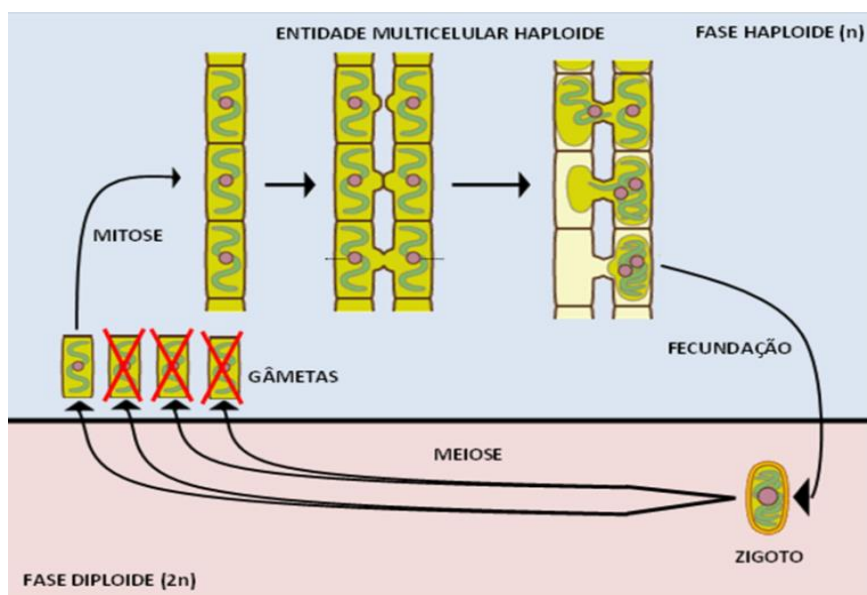


Fig. 1 - Esquema de um ciclo de vida completo de um organismo haplonte.

Ciclo de vida diplonte

Num ciclo de vida de um organismo diplonte (Figura 2) a entidade multicelular é diplóide ($2n$), o que corresponde à maior parte do ciclo de vida do organismo. Já a fase haplóide de um organismo diplonte, encontra-se circunscrita aos gametas (Gilbert, 2000).

Assim, o ciclo de vida desenvolve-se da seguinte forma: o zigoto com núcleo diplóide ($2n$) sofre múltiplas divisões mitóticas, num processo de diferenciação celular e de crescimento progressivo do organismo, até este se tornar numa entidade multicelular adulta. Algumas das células desta entidade multicelular com núcleo diplóide sofrem uma meiose (designada pré-gamética), originando 4 células com núcleo haplóide (n) que se denominam gametas. A fecundação, fusão

de dois gametas de sexos diferentes, origina um zigoto com núcleo diplóide ($2n$), completando desta forma um ciclo de vida de um organismo diplonte (Gilbert, 2000).

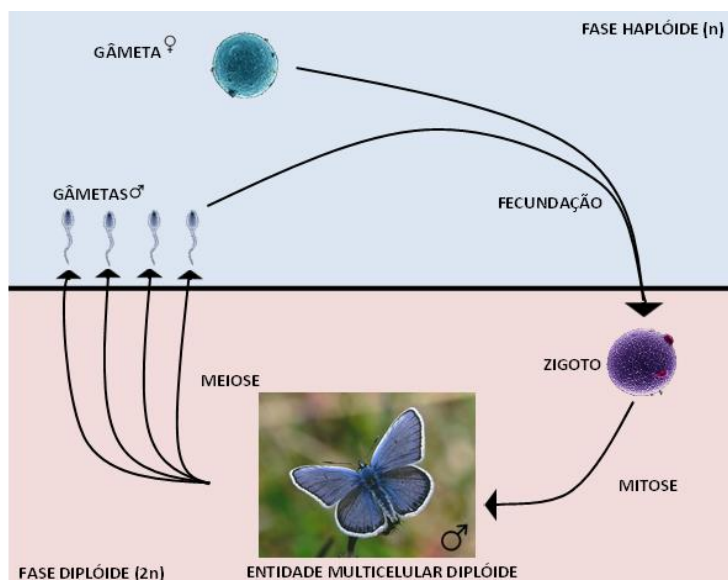


Fig. 2 - Esquema de um ciclo de vida de um ser diplonte (*Phengaris alcon*).

Ciclo de vida Haplodiplonte

Num ciclo de vida de um organismo haplodiplonte (Figura 3) existe uma entidade multicelular haplóide (n) e uma outra entidade multicelular diplóide ($2n$). No ciclo de vida destes organismos o zigoto, com um núcleo diplóide ($2n$), sofre sucessivas mitoses até se transformar num organismo adulto (entidade multicelular diplóide) denominado esporófito. Algumas das células do esporófito sofrem diferenciação celular e desenvolvem-se em células-mães de esporos que, por meiose (designada pré-espórica), dão origem a esporos com núcleo haplóide (n). Alguns destes esporos irão ser transportados pelo vento ou por animais, até se fixarem num local, caso as condições ambientais sejam propícias. Estes irão germinar e, por sucessivas divisões mitóticas, darão origem a uma entidade multicelular haplóide (n) (Gilbert, 2000). Esta entidade multicelular haplóide (n), denominada de gametófito, irá produzir gametas por diferenciação celular. A fecundação de 2 gametas com núcleos haplóides irá originar um zigoto com núcleo diplóide, completando desta forma um ciclo de vida haplodiplonte (Gilbert, 2000).

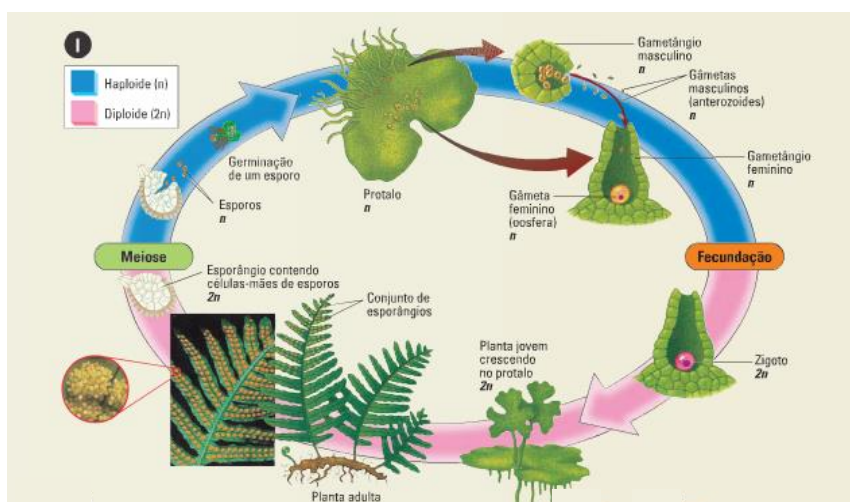


Fig. 3 - Ilustração do ciclo de vida do Polipódio, que apresenta um ciclo de vida haplodiplonte (Retirado de Silva, Garmaxo, Santos, Mesquita, & Baldaia, 2002, pp. 95).

Ciclo de vida das formigas

O subfiló Hexapoda inclui os Artrópodes da classe Inseta. Estes organismos apresentam o corpo dividido em 3 partes: cabeça, tórax e abdómen, 4 pares de apêndices cefálicos (1 par de antenas e 3 conjuntos de peças bucais, as mandíbulas e os dois pares de maxila) e 3 pares de apêndices torácicos, um sistema de trocas gasosas composto por traqueias e espiráculos (Brusca, Brusca, & Haver, 1990). Os organismos pertencentes a este subfiló são fundamentalmente terrestres, podendo alguns grupos apresentar algumas adaptações morfológicas e comportamentais, que os levaram a colonizar novamente o meio aquático (Brusca *et al.*, 1990).

As formigas, as abelhas e algumas vespas são artrópodes que pertencem a um grupo de hexápodes com características especiais, nomeadamente exibirem alguma forma de organização social. Estes animais pertencem à subordem Apocrita da ordem Himenóptera. Numa colónia de formigas facilmente podemos observar a existência de uma divisão de tarefas e diferenciação morfológica entre os adultos (Lach, Parr, & Abbott, 2010).

Nos insetos sociais existe a especialização de indivíduos. Assim, numa colónia podemos encontrar indivíduos com diferentes perfis comportamentais e morfológicos (exemplo: obreiras e soldados) (Lach *et al.*, 2010). Já nos insetos solitários cada indivíduo necessita de procurar o próprio alimento e proteger o seu próprio espaço, não existindo nestes insetos a hipótese de divisão de tarefas tal como acontece nos insetos sociais (Lach *et al.*, 2010).

No presente trabalho iremos optar por utilizar espécies de formigas autóctones de Portugal ou da Península Ibérica, de forma a evitar a utilização de espécies de formigas com potencial de invasão e que podem causar sérios danos aos ecossistemas nacionais. Pretendemos ainda que a utilização de espécies endémicas sirva como fio condutor da curiosidade dos alunos e os incentive a descobrir mais sobre a fauna portuguesa. Desta forma, uma das possíveis espécies a utilizar como organismo modelo será a *Messor barbarus* ou do género *Lasius*.

Messor barbarus pertence a um grupo de formigas recolectoras, sendo que como estas habitam zonas muito áridas, os seus antepassados evoluíram no sentido de se adaptarem a uma dieta à base de sementes de gramíneas (Detrain & Jacques, 2000). Ainda relativo à alimentação, na natureza esta espécie não recolhe apenas sementes (Nicola, 2013) dispersas pelo chão, é capaz de escalar à canóia das árvores para recolher ativamente sementes, flores e frutos (Reyes-López & Fernández-Haeger, 2001).

Este grupo de formigas é ecologicamente importante, ajudando a manter as comunidades de plantas, através da dispersão de sementes, predação de sementes e reciclagem de nutrientes (Nicola, 2013).

Messor barbarus é uma espécie de formiga endémica da região mais a sul da Península Ibérica, que coloniza habitats seminaturais como terrenos cultivados e terras de pastoreio. Aproximadamente 45% dos formigueiros desta região pertencem a esta espécie (Reyes-López & Fernández-Haeger, 2001).

Tipicamente constrói galerias profundas e extensos túneis com várias câmaras laterais que normalmente são utilizadas para armazenamento de alimentos (Reyes-López & Fernández-Haeger, 2001).

As colónias desta espécie podem ser constituídas por várias centenas de obreiras, que podem exibir diferentes tamanhos: as obreiras “major” e as obreiras “minor”. A cor típica destas formigas é preto-brilhante e o seu tamanho pode variar entre 3-13 mm nas obreiras e 15-18 mm nas formiga-rainha.

A esperança de vida de uma formiga-rainha da espécie varia entre os 10 e os 15 anos, mas em cativeiro, existem alguns relatados de formigas-rainhas com 25 anos.

As formigas desta espécie encontram-se ativas principalmente entre os meses de março e outubro quando as temperaturas médias rondam os 22 a 28° C, acabando por hibernar de novembro até meados de fevereiro, quando a temperatura média ronda os 10 a 15° C. Quando estão num formicário deve-se

simular esta variação da temperatura, colocando o formicário, durante estes meses, por exemplo na garagem, ou num local frio (nunca abaixo dos 10°C). Relativamente à humidade, esta deve rondar 30 a 50% na câmara lateral onde se encontram as sementes e 70 a 80% na câmara da formiga-rainha (Ants Unearthed 2012).

O tempo de desenvolvimento nesta espécie desde o ovo até à formiga adulta é de aproximadamente 8 a 10 semanas, variando consoante a temperatura ambiente. O desenvolvimento do ovo em larva dura aproximadamente 10 a 20 dias, a passagem de larva a pupa demora aproximadamente 14 a 21 dias e a metamorfose de pupa em adulto demora entre 10 a 21 dias (Ants Unearthed 2012).

As diferenças morfológicas intraespecíficas são evidentes: facilmente se consegue reconhecer uma formiga rainha, devido ao seu comprimento e tamanho do abdómen, já uma formiga obreira possui um tamanho muito menor quando comparada com uma rainha da mesma espécie.

Uma rainha fecundada funda uma nova colónia com o único objetivo de produzir descendência. Esta descendência de formigas obreiras, nunca sobre a forma alada e tem como tarefas: a construção do ninho, a procura de alimento e a alimentação das futuras gerações de formigas.

O ciclo de vida de uma colónia de formigas pode ser simplificado e dividido em três fases principais (Figura 4):

- Fundação da colónia;
- Crescimento da colónia (produção de obreiras);
- Reprodução.

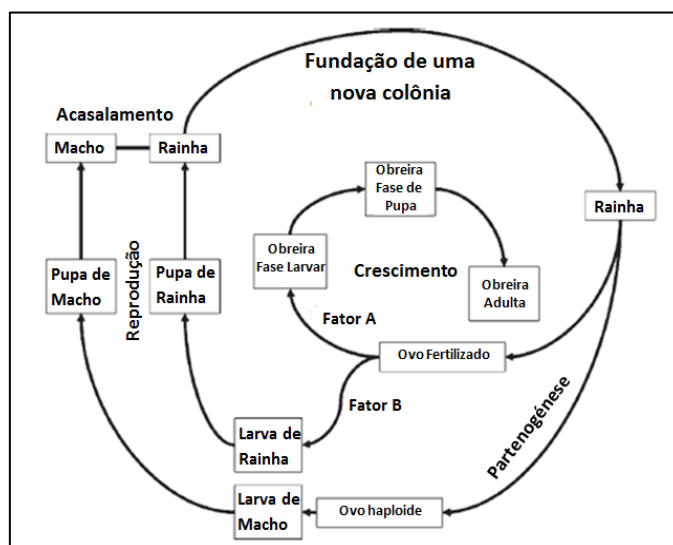


Fig. 4 - Representação de um ciclo de vida de uma colónia de formigas (Adaptado de Lach *et al.*, 2010, pp. 168).

Fundação da colónia

Relativamente à fundação da colónia, existem dois processos de fundação: a fundação independente de uma colónia, em que a formiga rainha funda uma nova colónia sozinha; e a fundação dependente de uma colónia, em que a formiga rainha funda uma nova colónia com o auxílio das obreiras da antiga colónia (Lach *et al.*, 2010).

Durante a fundação independente de uma colónia, a rainha trabalha sozinha durante várias semanas, podendo chegar mesmo a vários meses, dependendo das espécies. Durante este tempo a rainha alimenta e cuida da descendência até que esta atinja a fase adulta. Caso por alguma razão ocorra algum problema com esta primeira descendência, antes que esta atinja a fase adulta, pode originar a morte precoce desta nova colónia, bem como a morte da rainha (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Crescimento da colónia

A descendência de uma rainha pode variar em quantidade, número de descendentes, e em qualidade: tamanho, peso e reservas metabólicas. Podemos considerar estes parâmetros, como fatores cruciais que irão influenciar a capacidade de sobrevivência da colónia e a capacidade de sobrevivência e superação face a alterações ambientais (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

As formigas são consideradas organismos holometabólicos, existindo grandes diferenças morfológicas e fisiológicas entre as várias fases do ciclo de vida, principalmente entre a fase juvenil (larva) e a fase adulta (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Quando a larva eclode a partir do ovo, é alimentada durante várias semanas pela rainha (ou pelas obreiras quando estas já existem). O aumento de peso da larva é contínuo. Já o crescimento desta é descontínuo, pois só acontece durante as mudas entre os estádios larvares, que normalmente variam entre três e cinco, dependendo da espécie de formiga (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Quando a larva atinge um tamanho crítico, entra em metamorfose e atinge a fase adulta. A partir deste ponto o tamanho das obreiras mantém-se igual e não varia com a idade. A casta da descendência (obreira ou rainha) é determinada por parâmetros bióticos, como a alimentação, e por parâmetros abióticos como por exemplo o frio (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Durante a maior parte do ano apenas são produzidas novas formigas obreiras. Esta etapa do ciclo de vida das formigas é considerada uma das fases mais

importantes do seu ciclo de vida, uma vez que são as obreiras que procuram alimento, alimentam a rainha e as novas gerações, melhoram o ninho e defendem-no de predadores. Mas são também as obreiras que definem se as larvas se vão transformar em formigas obreiras ou em rainhas, uma vez que são estas que alimentam as larvas desde a sua eclosão (Lach *et al.*, 2010).

Por partenogénese os machos nascem a partir de ovos não fecundados pela rainha, devido ao sistema de determinação complementar do sexo. Assim, os indivíduos que apresentem heterozigotia para o gene que determina o sexo, desenvolvem-se em rainhas. Já os ovos não fecundados, haplóides, que apresentam homozigotia para o gene que determina o sexo, desenvolvem-se e dão origem a formigas adultas macho haplóides (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Reprodução

Normalmente as rainhas e os machos são produzidos uma vez por ano. Durante o seu crescimento e desenvolvimento permanecem na colónia materna, acumulando reservas metabólicas. Quando existe uma alteração das condições ambientais (principalmente a temperatura e humidade) e estas se tornam propícias para cada espécie, os machos e rainhas aladas abandonam de forma sincronizada a colónia (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Após a cópula, existem várias estratégias de dispersão, umas envolvendo maior distância de dispersão que outras. Esta distância de dispersão varia de acordo com cada espécie de formiga (Lach *et al.*, 2010).

Em algumas espécies as rainhas aladas voam para longe da colónia materna, aproveitando o facto de ainda possuírem asas após a cópula e assim conseguem minimizar a competição pelo alimento e espaço. Uma vez fixadas, as rainhas aladas perdem as asas (Klotz, 2008; Lach *et al.*, 2010).

Noutras espécies de formigas, as rainhas aladas perdem imediatamente as asas após a cópula e fundam uma nova colónia na vizinhança da colónia materna, sendo que normalmente após a cópula os machos morrem. As rainhas aladas podem ainda, dependendo das espécies de formigas, abandonar a colónia materna mas mantêm-se nas proximidades e esperam ao nível do solo ou na vegetação rasteira pelos machos de outras colónias (Lach *et al.*, 2010).

Os machos normalmente são atraídos pelas feromonas libertadas pelas rainhas aladas, mas também possuem, na sua maioria, olhos maiores que as rainhas aladas, sugerindo que a visão tem importância na localização das rainhas aladas ou das colónias (Lach *et al.*, 2010).

Bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas são o conjunto de todas as massas de água superficiais que drenam para um mesmo curso de água principal. Desta forma, as bacias hidrográficas também podem ser denominadas de bacias de drenagem, em que de acordo com a inclinação das montanhas podem escoar a água do seu topo e de todas as regiões cujo declive impele a água a movimentar-se de montante para jusante, incluindo-se em cursos de água cada vez de maiores dimensões (Ribeiro, 2009).

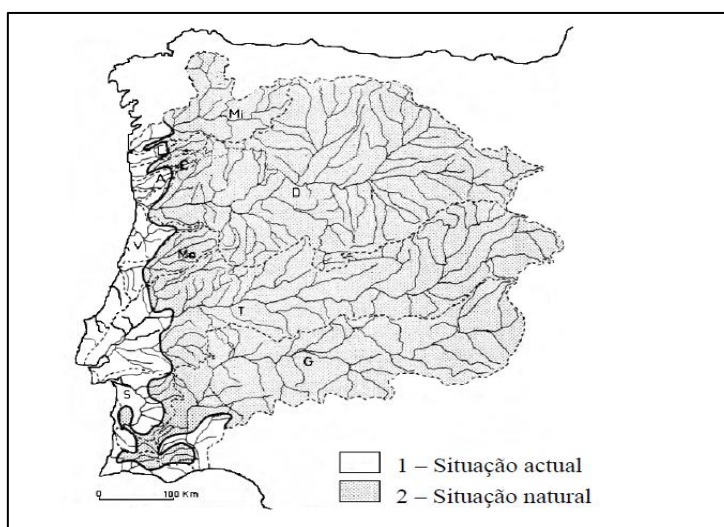


Fig. 5 - Área de drenagem das bacias nacionais e internacionais que desaguam em território português, antes e depois da construção de barragens (Retirado de Ribeiro, 2009, pp. 2).

Na Figura 5 podemos observar as bacias hidrográficas dos rios nacionais e internacionais que desaguam em território português. Através desta imagem podemos comparar o tamanho das bacias de drenagem antes e após a construção de aproveitamentos hidroelétricos e hidroagrícolas (Dias, Ferreira, & Pereira, 1994). Facilmente pode observar-se a existência de uma nítida redução da área de drenagem das bacias hidrográficas de aproximadamente 85%, o que implica também a retenção de aproximadamente 80% do volume de sedimentos que deixam de ser exportados, principalmente para os oceanos (Dias *et al.*, 1994).

Assim, podemos depreender que a construção de barragens pode interromper o natural transporte de sedimentos fluviais de montante para jusante, depositando a maior parte dos sedimentos nas albufeiras das barragens, o que pode indiretamente potenciar a erosão costeira (Dias, Gonzalez, & Ferreira, 2004).

A erosão costeira é uma das consequências mais graves da ausência de aporte de novos sedimentos provenientes dos rios. Assim, torna-se importante

conhecer e compreender o impacto que as barragens têm no processo de transporte e deposição de sedimentos. A erosão da costa portuguesa tem vindo a acentuar-se nos últimos anos, grande parte devido à falta de aporte de novos sedimentos, promovendo um desequilíbrio entre os processos de deposição e erosão de sedimentos (Ribeiro, 2009).

As regiões da zona litoral portuguesa compreendidas entre a foz do rio Minho, a foz do Rio Leça e o sul da foz do Rio Douro, são as zonas mais afetadas com os processos de erosão costeira. Grande parte da carga de sedimentos destes grandes rios é depositada a sul da sua foz, devido à orientação das correntes marítimas, que é predominantemente de noroeste para sudeste e que arrasta os sedimentos destes grandes rios e os deposita a sul da sua foz (Ribeiro, 2009).

A capacidade de transporte de sedimentos está relacionada com a energia do fluido que o transporta, ou seja, quanto maior a energia do fluido, maior será a carga de sedimentos transportada. Quando esta energia diminui, os sedimentos são depositados. Normalmente durante uma cheia é transportado um maior volume de sedimentos, devido ao elevado caudal da massa de água. Consequentemente, quanto maior a energia do fluido maior a sua capacidade de transportar não só sedimentos com uma maior massa, mas também ao longo de maiores distâncias (Ribeiro, 2009).

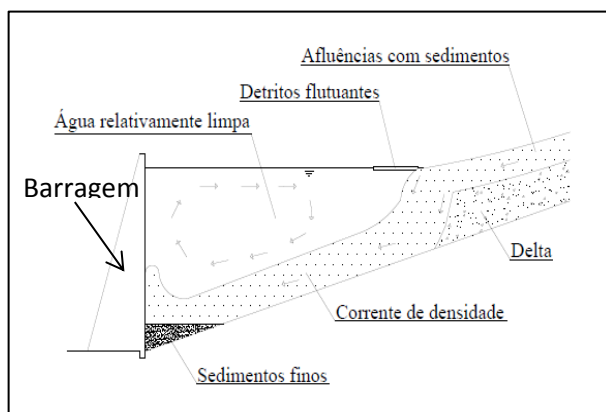


Fig. 6 - Modelo de acumulação de sedimentos numa albufeira
 (Adaptado de Ribeiro, 2009, pp. 9).

Caso a bacia hidrográfica tenha uma ou mais barragens (Figura 6), vai fazer com que estes sedimentos não atinjam a foz do rio, ficando retidos nas albufeiras das barragens. A deposição de sedimentos nas barragens traz problemas a nível da capacidade de volume de armazenamento de água nas albufeiras, uma vez que estas são colmatadas por sedimentos provenientes de zonas a montante (Figura 6) (Coelho, 2008).

Com o assoreamento das albufeiras por sedimentos, estas podem perder: a navegabilidade (caso a tenham tido anteriormente); a função de reserva de água para abastecimento às populações; e ainda a função de controlo de cheias (Carvalho, Júnior, Santos, & Lima, 2000; Coelho, 2008; Saunitti, Fernandes, & Bittencourt, 2005).

Outra das consequências da deposição e retenção de sedimentos nas albufeiras das barragens é o aumento da erosão a jusante das mesmas, pois deixa de ocorrer um equilíbrio entre o processo de erosão e deposição de sedimentos nas margens dos rios, podendo provocar problemas de ordenamento do território, como por exemplo, o aprofundamento do leito do rio, a erosão de terrenos adjacentes às margens do rio e a perda de terrenos de cultivo típicos de aluvião (Ribeiro, 2009).

O tipo de barragem construída é outro dos fatores que pode comprometer o continuum transporte de sedimentos pelos sistemas fluviais (Coelho, 2008). De acordo com a duração de enchimento da albufeira, podemos dividir as barragens em dois tipos: 1) caso o total enchimento da albufeira tenha uma duração inferior a 100h é considerada uma barragem a fio de água; 2) caso o seu enchimento seja superior a 100h considera-se uma barragem com albufeira (Ribeiro, 2009).

As barragens com albufeira são as que acumulam um maior volume de sedimentos. Já as de fio de água têm uma reduzida capacidade de armazenamento e localizam-se em cursos de água de declive pouco acentuado. Caso ocorra um aumento repentino do caudal do rio, estas barragens não conseguem reter o excesso de volume de água, fazendo com que o excesso de água passe pela barragem e continue para jusante de uma forma natural (Coelho, 2008; Ribeiro, 2009).

Quando se constrói uma barragem, altera-se o declive natural de uma bacia hidrográfica. A criação de um reservatório artificial altera não só esse desnível de escoamento mas também altera pontualmente a largura da secção transversal da massa de água, o que promove a diminuição da velocidade do fluxo de água e consequentemente a diminuição da energia do fluido que transporta a carga sólida. Assim, devido à diminuição da capacidade de transporte, é favorecida a deposição de sedimentos nas albufeiras (Coelho, 2008).

O controlo do caudal dos cursos de água, que é realizado pelas barragens, durante uma cheia, diminui o risco de inundação do leito de cheia e de áreas habitadas. Porém, este controlo também tem influência na capacidade de transporte de sedimentos. Num curso de água natural, existem picos de fluxo de

água, que coincidem com períodos de grande pluviometria. Nestas alturas a capacidade de transporte de sedimentos é máxima, existindo assim durante este curto espaço de tempo, uma considerável exportação de sedimentos da bacia hidrográfica (Coelho, 2008).

O controlo do caudal de água numa bacia hidrográfica com barragens é efetuado para evitar ou atrasar possíveis inundações. Todo este controlo faz com que a capacidade de transporte de sedimentos nunca atinja um pico máximo durante uma cheia (Coelho, 2008). Assim, indiretamente acaba-se por limitar a capacidade de transporte de sedimentos de maior granulometria, promovendo-se a sua deposição na albufeira (Ribeiro, 2009).

		Mapa de declividade (em %)			
		I (>20)	II (12 a 20)	III (6 a 12)	IV (<6)
Mapa pedológico (com classes de erodibilidade)	Classe I (Cambissolo)	I	I	II	II
	Classe II (Argissolo)	I	II	II	III
	Classe III (Latossolo)	III	IV	IV	V
	Classe IV (Gleissolo)	V	V	V	V

Quadro 1 - Grau de suscetibilidade à erosão das várias classes de solo relacionados com as várias percentagens de declive (Retirada de Guimarães & Cordeiro, 2008, pp. 179).

O volume de sedimentos transportados numa massa de água está estritamente relacionado com as seguintes características: tipo de solo (Quadro 1) que constitui a bacia hidrográfica; o declive das suas vertentes; os diversos usos antrópicos do solo; e com a existência ou não de cobertura vegetal do solo (Guimarães & Cordeiro, 2008; Saunitti *et al.*, 2005).

O grau de erosão de um solo depende das características do solo e corresponde à sua suscetibilidade à erosão. Pode ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os fatores erosão permanecem constantes (Guimarães & Cordeiro, 2008; Saunitti *et al.*, 2005).

No Quadro 1 podemos observar a suscetibilidade à erosão das várias classes de solo em relação à percentagem de declive. Os solos da classe I apresentam um risco de erosão extremamente elevado. Os da classe II apresentam um risco de erosão muito elevado e os da classe III um risco moderado de erosão. Na classe IV, os solos são pouco suscetíveis aos processos de erosão e por último os solos da classe V têm pouca ou nenhuma suscetibilidade à erosão (Guimarães & Cordeiro, 2008; Saunitti *et al.*, 2005).

Os solos com um maior grau de suscetibilidade à erosão são os Cambissolos, sendo que os que apresentam menor probabilidade de erosão são os Gleissolos. Os Cambissolos são solos que apresentam uma textura variável entre arenoso e silto-argiloso, sendo extremamente sensíveis a processos erosivos. Os solos Argissolos apresentam uma textura argilosa, são bem drenados e moderadamente porosos. Já os solos Latossolos são constituídos por grão de quartzo, na fração areia e argilas inertes e óxidos de ferro, na fração argila. Por último, os Gleissolos localizam-se em áreas mal drenadas e com excesso de humidade (Guimarães & Cordeiro, 2008; Saunitti *et al.*, 2005).

2. Metodologia de investigação

2.1. Problema de investigação

Verificar se a utilização de modelos no ensino contribui para potenciar o processo de aprendizagem das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas*.

2.2. Objetivo e hipótese da investigação

A investigação tinha como objetivo último avaliar uma contribuição pouco utilizada na prática letiva, o recurso a modelos, para potenciar o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa nas áreas da Biologia e da Geologia através de um ensino baseado na utilização de modelos.

O projeto de investigação desenvolvido seria realizado numa perspetiva de avaliação da eficiência da utilização de modelos no ensino das ciências e no desenvolvimento de um raciocínio científico nos alunos, visando ainda contribuir para o desenvolvimento profissional do professor em formação inicial. Assim, o estudo permitiu aplicar uma metodologia pouco utilizada no ensino da Biologia e da Geologia e através da reflexão sobre a prática pedagógica, desenvolver e consolidar competências profissionais de trabalho colaborativo, bem como desenvolver capacidades de raciocínio, escrita, argumentação e comunicação científica.

A hipótese de investigação foi analisada através da implementação de um projeto de investigação, que consistiu na utilização de modelos no ensino das temáticas *Ciclos de vida* e *Bacias hidrográficas*, e avaliado através da análise de

mapas de conceitos, construídos pelos alunos antes e depois da concretização do projeto. Assim a hipótese proposta foi a seguinte:

H₁: A aplicação de modelos para o ensino das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas* potencia, nos alunos, o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

2.3. Metodologia, técnicas e instrumentos de investigação

Este capítulo tem como objetivo a descrição da metodologia utilizada na presente investigação, bem como as técnicas e instrumentos da recolha de dados.

Natureza do estudo

O presente estudo classifica-se como um estudo quase-experimental, onde se estudam as relações de causa e efeito entre a variável independente e a dependente. Este tipo de investigação é caracterizado por um tipo de amostragem, não probabilística, o que pode levantar problemas relativamente à validade do estudo (Carmo & Ferreira, 1998; Cook, Campbell & Peracchio, 1991), mas desde o início não existiu a pretensão de generalizar resultados.

Num estudo quase-experimental existem dois grupos que são submetidos a um pré-teste e a um pós-teste, mas apenas se aplica um tratamento novo, ou não tradicional, a um dos grupos, o grupo experimental. O outro grupo, o grupo de controlo, serve para verificar, através da comparação, a eficiência do tratamento aplicado no grupo experimental, uma vez que o grupo de controlo não é sujeito ao mesmo tratamento (Carmo & Ferreira, 1998; Cook *et al.*, 1991).

Os estudos quase-experimentais estão sujeitos a um grande número de ameaças à validade, tanto interna como externa, o que pode diminuir a confiança e a capacidade de generalização dos resultados do estudo (Carmo & Ferreira, 1998; Cook *et al.*, 1991).

Uma das ameaças à validade interna resulta de se aplicar o mesmo mapa de conceitos (pré-teste e pós-teste) duas vezes ao mesmo aluno, o que leva a que o aluno possa ainda lembrar-se do primeiro mapa de conceitos, e esse influenciar a elaboração do segundo (Carmo & Ferreira, 1998). No presente estudo, uma vez que os alunos preencheram os mapas de conceitos pré-teste e pós-teste após um intervalo de tempo grande, 5 meses, parece possível partir do princípio que o preenchimento do pré-teste não terá influenciado o preenchimento do pós-teste (Cook *et al.*, 1991).

Já a validade externa do estudo prende-se com o facto de este poder ser extrapolado para a restante população (Cook *et al.*, 1991; Cohen, Manion, & Morrison, 2011). Relativamente à validade externa, o presente estudo não pretendeu efetuar generalização, mas que no máximo os resultados poderão servir para levantar questões pertinentes que permitam futuros estudos mais aprofundados (Cook *et al.*, 1991; Cohen *et al.*, 2011).

Tratamento estatístico

Para assegurar que a amostra que constitui o grupo de controlo é, à partida, semelhante à amostra que constitui o grupo experimental deve proceder-se a uma análise estatística; só assim poderemos afirmar que as diferenças observadas entre o grupo de controlo e experimental, no final do estudo, e caso estas se observem, se devem apenas à manipulação da variável independente (participação no Clube de Ciências).

O teste de Mann-Whitney é um teste não-paramétrico adequado para comparar as funções de distribuição de uma variável em duas amostras independentes (Marôco, 2010). Este teste é utilizado como alternativa ao teste t-Student para amostras independentes, quando os pressupostos deste teste não são válidos e as amostras são de pequena dimensão. No caso em que as distribuições são normais, a eficiência assintótica do teste de Mann-Whitney é 95.5% da eficiência do t-Student (Marôco, 2010).

Enquanto o Teste t-Student compara as médias de duas amostras independentes, o teste de Mann-Whitney compara o centro de localização das duas amostras, como forma de detetar diferenças entre as duas populações correspondentes (Pestana & Gageiro, 1998).

As hipóteses do teste de Mann-Whitney são:

H_0 : As duas populações são iguais em tendência central.

H_1 : As duas populações não são iguais em tendência central.

Assim H_0 permite-nos testar a homogeneidade das duas populações, ou seja, a igualdade de comportamentos dos dois grupos na população (Pestana & Gageiro, 1998).

Em vez de se basear em parâmetros da distribuição normal como a média e a variância, o teste de Mann-Whitney baseia-se nas ordenações da variável (Marôco, 2010).

Como não podemos assegurar a normalidade da distribuição, para analisar amostras emparelhadas, utilizamos o teste de Wilcoxon, que é um teste não-paramétrico alternativo ao teste paramétrico t-Student (Pestana & Gageiro, 1998).

As hipóteses do teste de Wilcoxon são:

H_0 : As pontuações médias são iguais antes e após a intervenção.

H_1 : As pontuações médias são superiores após a intervenção.

Estes dois testes estatísticos permitem verificar se as diferenças existentes entre as duas amostras, quer entre amostras emparelhadas quer entre amostras independentes, são ou não estatisticamente significativas para um intervalo de confiança de 95%.

Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Todas as investigações, sejam elas de cariz quantitativo, qualitativo ou de triangulação metodológica, necessitam obrigatoriamente de uma recolha de dados fidedigna realizada pelo investigador. Existem várias técnicas de recolha de dados, sendo que o investigador precisa de delimitar e definir o fenómeno que pretende estudar, os objetivos do estudo, o tipo de análise e de estudo, a fidelidade e validade e as vantagens e desvantagens do mesmo (Yin, 2009).

Como técnica de recolha de dados optou-se por examinar registos elaborados pelos alunos. A escolha dos artefactos recaiu sobre os mapas de conceitos. Uma das vantagens que advém da análise destes registos é o facto de estes, simultaneamente, servirem como instrumentos de avaliação e como instrumentos de recolha de dados. Desta forma, os alunos não são sobrecarregados com questionários extra ou entrevistas.

A recolha dos dados com o recurso a mapas de conceitos foi precedida de uma apresentação e explicação, segundo Novak e Gowin (1984), sobre as regras de construção de mapas de conceitos hierárquicos. Após esta apresentação foi pedido aos alunos que elaborassem 4 mapas de conceitos (Anexo I), dois em cada uma das duas áreas temáticas (Biologia e Geologia), sendo que um seria elaborado antes da abordagem dos conteúdos programáticos do currículo pelo professor cooperante (pré-intervenção ou pré-teste) e outro após o conjunto da abordagem destes conteúdos e da participação nas atividades do clube (pós-intervenção ou pós-teste).

As atividades do clube incluíram, na área da Geologia, a construção do aparato experimental de uma barragem para estudo da temática *Bacias*

hidrográficas e, na área da Biologia, a utilização de animais modelo para estudo da temática sobre os *Ciclos de vida*.

A cotação dos mapas de conceitos será elaborada de acordo com os critérios de classificação dos mapas conceptuais proposta por Novak e Gowin (1984). Desta forma cada proposição (P) válida e significativa vale um ponto, cada hierarquia (H) válida vale cinco pontos e cada ligação cruzada (L) válida e significativa vale dez pontos. Por último, os exemplos (E) válidos valem um ponto cada. O cálculo da classificação final (C) é realizado com base na seguinte equação: $(C) = (nP \times 1) + (nH \times 5) + (nL \times 10) + (nE \times 1)$, onde n é o número de ocorrências de cada categoria.

Os mapas de conceitos, sobre os *Ciclos de vida* e sobre as *Bacias hidrográficas*, elaborados pelos alunos foram cotados e posteriormente foi realizada a ponderação com base no mapa de conceitos de referência das áreas temáticas da Biologia e da Geologia. Estes 2 mapas de conceitos foram elaborados pelo professor (ANEXO II) (Novak & Gowin, 1984).

Seleção dos elementos da população (N)

A população (N= 51) selecionada consistiu nos alunos da disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias da Escola Secundaria/3 Aurélia de Sousa.

No presente estudo utilizou-se uma amostragem não probabilística por conveniência, onde a seleção da amostra baseou-se em critérios de escolha intencionais, selecionando apenas os alunos pertencentes ao 11º ano do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias.

Posteriormente, decidiu-se que não seriam utilizados os dados relativos aos alunos da turma do 11ºB, uma vez que nenhum aluno deles se inscreveu nas atividades do clube, ou seja, nenhum aluno contribuiu para o grupo experimental. Esta decisão é suportada pelo facto de se pretender que a intervenção realizada no clube fosse o único tratamento pretendido que marcasse a diferença entre o grupo de controlo e o grupo experimental, ou seja, pretendeu-se que o professor dos alunos do grupo de controlo e do grupo experimental tenha sido o mesmo. Desta forma, e como os alunos da turma do 11ºB tinham um professor diferente, este fato poderia constituir uma ameaça à validade interna do estudo.

Amostra

Uma vez selecionada a população alvo do estudo, realizou-se, nas respetivas aulas da disciplina de Biologia e Geologia, uma apresentação do projeto de estudo, “Construir Ciência - Do papel para a prática”, e, nomeadamente, dos seus objetivos.

No final da apresentação os alunos tiveram oportunidade de se inscreverem nas atividades apresentadas. Obtiveram-se 17 inscrições, incluindo 2 alunos do 11º A e 15 alunos do 11º C. No grupo de controlo foram contabilizados 23 alunos.

Ficaram assim definidos dois grupos (Quadro 2), um grupo de controlo, constituído pelos alunos que não participaram no clube de ciências (não submetidos a qualquer intervenção), e o grupo experimental, formado pelos alunos que participaram no Clube de Ciências e desta forma, foram submetidos ao programa de intervenção.

Os alunos das turmas 11ºA e 11ºC elaboraram um mapa de conceitos sobre a temática *Ciclos de vida* e outro sobre a temática *Bacias hidrográficas* (mapa de conceitos pré-teste), o que perfaz uma amostra de n=46 para o grupo de controlo e uma amostra de n=34 para o grupo experimental.

Turma	Número de alunos		Número de mapas	
	Controlo	Experimental	Controlo	Experimental
11º A	18	2	36	4
11º C	5	15	10	30
Total	23	17	46	34

Quadro 2 - Quadro recapitulativo dos alunos envolvidos no estudo.

Programa de intervenção

Durante o desenvolvimento e aplicação do projeto, foram agendadas várias sessões do clube “Construir Ciências – Do Papel para a Prática”, programadas com a preocupação de enquadrar curricularmente todos os conteúdos abordados, que como referido anteriormente se enquadram nas temáticas *Ciclos de vida* e *Bacias hidrográficas*.

Detalha-se aqui o agendamento e a planificação das sessões do clube, bem como os seus conteúdos e procedimentos (ver detalhes no anexo IV). Para compreender melhor todos os conteúdos abordados foi realizado ainda um enquadramento curricular das temáticas da Biologia e da Geologia.

Durante a construção dos modelos foram identificados alguns procedimentos errados. Assim, no final deste capítulo, existe uma pequena reflexão sobre a construção e melhoramento de futuros modelos similares aos construídos.

2.4. Contextualização curricular

Biologia

A Biologia e as suas diversas áreas desempenham atualmente um papel central na construção da sociedade e da cultura moderna, podendo-se considerar como uma das componentes essenciais na educação dos novos cidadãos.

Seria contraproducente, atualmente, que o principal objetivo do ensino fosse apenas a transmissão de conhecimentos específicos de forma massiva, esquecendo-se que a principal função do ensino das ciências é o de contribuir para a educação geral dos cidadãos e para o desenvolvimento de um cidadão autónomo, com capacidades de argumentação e pensamento crítico (Amador, Perdigão, Pires, & Adérito, 2002).

Com base nestas preocupações, o programa curricular da componente de Biologia da disciplina de Biologia-Geologia (10º e 11º anos de escolaridade) do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias foi construído tendo em conta a realidade da educação científica (educação biológica) em Portugal (Amador *et al.*, 2002).

Assim, a componente de Biologia do Projeto enquadra-se no tema central de Biologia do 11º ano, “A vida e os seres Vivos” e tem como objetivo principal o desenvolvimento do problema: “Como explicar a grande diversidade de seres vivos na natureza?” (Amador *et al.*, 2002).

O tema “Ciclos de Vida” sobre o qual se irá desenvolver o Projeto de Biologia está contido na unidade 6 – Reprodução e dentro desta unidade, mais precisamente no Capítulo 3 - Ciclos de vida: unidade e diversidade, do programa curricular de Biologia do 11ºano (Amador *et al.*, 2002).

Com os conteúdos programáticos presentes neste capítulo (Quadro 3), pretende-se que os alunos compreendam a existência de organismos com diferentes tipos de ciclos de vida, com diversidade de estratégias reprodutivas e o modo como estes enfrentam os desafios que o meio lhes impõe. No final pretende-se que os alunos sejam capazes de responder às questões centrais do tema, que são: “Que processos são responsáveis pela unidade e variabilidade celular?” e “Reprodução e variabilidade, que relação?” (Amador *et al.*, 2002).

Conteúdos Conceptuais	Conteúdos Procedimentais	Conteúdos Atitudinais	Recordar e/ou Enfatizar	Evitar	Conceitos / Palavras- chave
3. Ciclos de vida: unidade e diversidade	Aplicar conceitos básicos para interpretar diferentes tipos de ciclos de vida. Localizar e identificar os processos de reprodução presentes num ciclo de vida, prevendo a existência ou não de alternância de fases nucleares.	Consciencialização de que intervenções humanas em qualquer uma das fases de um ciclo de vida de um organismo podem interferir na conservação/ evolução da espécie.	O conceito de ciclo de vida aplicável a qualquer tipo de organismo. A identificação da alternância de fases nucleares pela localização da meiose e da fecundação num ciclo de vida. Os esporos e os gâmetas como células reprodutoras.	O conceito de ciclo de vida aplicável a qualquer tipo de organismo. A identificação da alternância de fases nucleares pela localização da meiose e da fecundação num ciclo de vida. Os esporos e os gâmetas como células reprodutoras.	Ciclo de vida Alternância de fases nucleares

Quadro 3 - Resumo dos objetivos e conteúdos programáticos sobre os Ciclos de Vida, do programa de Biologia e Geologia 11º do Ministério da Educação (Amador *et al.*, 2002).

Geologia

A investigação em Geologia e o conhecimento que advém desta investigação tem um impacto profundo na qualidade de vida da sociedade humana atual. O conhecimento geológico é essencial para a construção de acessibilidades (estradas, pontes e túneis) e para a construção de infraestruturas (aeroportos, portos e barragens) (Amador *et al.*, 2002).

A exploração pelo Homem de novas regiões do planeta Terra tem provocado nos últimos anos perturbações excecionalmente numerosas, intensas e principalmente rápidas, sendo que estas perturbações tendem a agravar os problemas já existentes de interação Planeta Terra-Homem. Assim sendo, é importante que um cidadão do século XXI possua informação e saiba construir uma opinião crítica e fundamentada sobre os materiais e os processos que constituem e moldam a superfície do planeta sobre o qual vivemos (Amador *et al.*, 2002).

Com base nestas preocupações, o programa curricular da componente de Geologia da disciplina de Biologia-Geologia (10º e 11º anos de escolaridade) do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias, foi construído tendo em conta a realidade da educação científica (educação geológica) em Portugal (Amador *et al.*, 2002).

Desta forma a componente de Geologia do Projeto enquadra-se no Tema IV – “Geologia, problemas e materiais do quotidiano” e tem como objetivo principal, a análise de situações-problema relacionadas com aspetos de ordenamento do território e de risco geológico (Amador *et al.*, 2002). O tema “*Bacias Hidrográficas*” sobre o qual se irá desenvolver o Projeto de Geologia está contido na unidade 1 – “Ocupação antrópica e problemas de ordenamento” e dentro desta unidade mais precisamente na unidade 1.1 – “*Bacias Hidrográficas*”, do programa curricular de Geologia do 11ºano. Podemos ainda observar com um maior pormenor no Quadro

4 os conteúdos programáticos de Geologia relativos à ocupação antrópica e problemas de ordenamento e às bacias hidrográficas (Amador *et al.*, 2002).

Conteúdos conceptuais	Conteúdos Procedimentais	Conteúdos Atitudinais	Recordar e/ou Enfatizar	Evitar	Conceitos/ Palavras-chave
1 - Ocupação antrópica e problemas de ordenamento	Identificar elementos constitutivos da situação-problema. Problematizar e formular hipóteses. Testar e validar ideias. Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas. Observar e interpretar dados.	Reconhecer as contribuições da Geologia nas áreas da: prevenção de riscos geológicos, ordenamento do território, gestão de recursos ambientais e educação ambiental. Assumir opiniões suportadas por uma Consciência ambiental com bases científicas. Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista.			
1.1 - Bacias hidrográficas	Usar fontes bibliográficas de forma autónoma – pesquisando, organizando e tratando informação. Utilizar diferentes formas de comunicação, oral e escrita.	Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias. Ver na investigação científica, também, uma via importante que pode contribuir para a resolução de muitos problemas.	Os perigos da construção em leitos de cheia e da extração de agregados no leito dos rios.	As designações dos diferentes troços dos rios, das fases de evolução dos rios e dos vários tipos de estruturas fluviais.	Bacia e rede hidrográfica. Leito e leito de cheia. Perfil transversal. Erosão, transporte e deposição. Ordenamento do território. Risco geológico.

Quadro 4 - Resumo dos objetivos e conteúdos programáticos sobre a ocupação antrópica e problemas de ordenamento e bacias hidrográficas, do programa de Biologia e Geologia 11º do Ministério da Educação (Amador *et al.*, 2002).

2.5. Agendamento do programa de intervenção

O programa de intervenção foi dividido em 5 fases, que passo a citar:

- 1ª Fase - Apresentação do projeto “Construir Ciência – Do Papel Para a Prática” e dos seus objetivos às turmas. Aula sobre construção de mapas de conceitos hierárquicos segundo as regras de Novak e Gowin (1984).
- 2ª Fase – Elaboração dos mapas de conceitos pré-teste sobre *Ciclos de vida e Bacias hidrográficas*.
- 3ª Fase – Realização das 10 sessões do clube com os alunos que se escreveram de forma voluntária.
- 4ª Fase - Elaboração dos mapas de conceitos pós-teste sobre *Ciclos de vida e Bacias hidrográficas*.
- 5ª Fase – Apresentação dos modelos sobre *Ciclos de vida e Bacias hidrográficas* à restante comunidade escolar.

A primeira fase do programa de intervenção ocorreu no mês de novembro e abrangeu as turmas do 11º A, 11º B e 11º C do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias da Escola Secundária/3 Aurélia de Sousa. Esta intervenção teve a duração de 90 minutos. Durante a intervenção descreveram-se os objetivos e os produtos a construir no clube e ensinou-se como se elaboravam mapas de conceitos hierárquicos segundo as regras de Novak e Gowin (1984). No final

recolhemos a lista de inscrições dos alunos que decidiram participar de forma voluntária no projeto.

A segunda fase foi realizada no início do mês de dezembro e no início do mês de fevereiro, tendo a duração de 90 minutos e consistiu na elaboração dos mapas de conceitos sobre *Ciclos de vida* e *Bacias Hidrográficas*, respetivamente (Anexo VI). Os mapas de conceitos foram elaborados nas 3 turmas e possuíam ainda a função de teste diagnóstico, uma vez que foram elaborados antes de serem lecionados os conteúdos destas temáticas pelos professores responsáveis.

A terceira fase teve a duração de 10 sessões de aproximadamente 45 minutos e decorreu durante os meses de março, abril e maio. A descrição detalhada de cada sessão do clube encontra-se explanada na planificação das sessões do clube.

A quarta fase foi realizada no final do mês de maio e teve a duração de 90 minutos, tendo consistido na elaboração dos mapas de conceitos sobre *Ciclos de vida* e *Bacias Hidrográficas* (Anexo VI), após a finalização das 10 sessões do clube. Os mapas de conceitos foram aplicados nas 2 turmas, 11^ªA e 11^ªC. A turma do 11^ºB foi excluída, uma vez que não tinha nenhum aluno a participar no clube de ciências.

A quinta fase foi realizada no início do mês de julho e teve como objetivo a demonstração e experimentação dos modelos. Esta exploração foi realizada pelos alunos do clube e pelos restantes alunos das turmas envolvidas no estudo.

2.6. Planificação das sessões do clube

A elaboração das planificações das sessões do clube seguiu as mesmas regras que são aplicadas à elaboração das planificações das aulas. Assim, para cada sessão foram definidos vários conteúdos a abordar e procedimentos a executar (Quadro 5). Estes conteúdos e parte dos procedimentos estão de acordo com o programa curricular do ministério da educação para a disciplina de Biologia e Geologia de 11^ºano.

Sessões	Conteúdos	Procedimentos
Sessão 1 - Apresentação	Ciclos de vida Bacias hidrográficas	• Apresentação geral do Projeto “Construir Ciência - do Papel para a Prática”. • Enquadramento curricular e pedagógico do projeto. • Agendamento das sessões a realizar. • Objetivos e conteúdos específicos a desenvolver sobre os <i>Ciclos de vida</i> e <i>Bacias hidrográficas</i>. • Definição da estratégia a desenvolver para alcançar os objetivos propostos.
Sessão 2- Início	Bacia hidrográfica	• Explicação inicial sobre os objetivos da segunda sessão e

da construção do modelo de uma bacia hidrográfica	Rede hidrográfica Montante Jusante Nascente Foz Montanhas Albufeira Rio Oceano		- enquadramento curricular. - Visualização de imagens de bacias hidrográficas e barragens. - Discussão e reflexão sobre a geometria do terreno de forma a construir o relevo típico de uma bacia hidrográfica. - Construção autónoma do relevo da bacia hidrográfica em rede de galinheiro com a supervisão dos estagiários. - Síntese e ponto de situação da construção do modelo de uma bacia hidrográfica.
Sessão 3- Início da construção do relevo em espuma de poliuretano	Bacia hidrográfica Rede hidrográfica Perfil transversal Barragem Planície de inundação	de	- Explicação inicial sobre os objetivos da terceira sessão e enquadramento curricular. - Finalização da construção em rede de galinheiro do relevo do modelo de uma bacia hidrográfica. - Visualização de um vídeo sobre a construção de uma maquete, de uma linha de comboio e paisagens associadas, em espuma de poliuretano. - Discussão e reflexão sobre a utilização de espuma de poliuretano para dar forma e volume ao relevo criado em rede de galinheiro. - Síntese e ponto de situação da construção do modelo de uma bacia hidrográfica.
Sessão 4- Reajuste do relevo da bacia hidrográfica em espuma de poliuretano	Leito de estiagem Leito de cheia Leito ordinário Perfil transversal Barragem Ordenamento do território Risco geológico	do	- Explicação inicial sobre os objetivos da quarta sessão e enquadramento curricular. - Discussão e reflexão sobre o modo como cortar a espuma de poliuretano em excesso de forma a obter um relevo final capaz de recriar as características típicas de uma bacia hidrográfica (leito de cheia, leito ordinário, leito de estiagem). - Aplicação de uma nova camada de espuma de poliuretano para finalizar alguns relevos específicos e colmatar alguns buracos. - Explicação, discussão e análise do funcionamento de uma comporta de uma barragem. Fixação da comporta da barragem com espuma de poliuretano. - Síntese e ponto de situação da construção do modelo de uma bacia hidrográfica.
Sessão 5- Finalização da construção do relevo do modelo de uma bacia hidrográfica	Planície de inundação Leito de estiagem Leito de cheia Leito ordinário Ordenamento do território Risco geológico Sedimentos Transporte Erosão Deposição Granulometria	de	- Explicação inicial sobre os objetivos da quinta sessão e enquadramento curricular. - Delineação do relevo final da bacia hidrográfica através do corte de espuma em excesso. - Discussão e reflexão sobre o relevo final da bacia hidrográfica e análise do modelo de forma a verificar se este pode responder e recriar todos os fenómenos propostos e discutidos no início das sessões de clube. - Discussão e reflexão sobre as vantagens e desvantagens das barragens na diminuição do risco geológico. - Síntese final dos conteúdos que podem ser abordados no modelo de bacia hidrográfica construído.
Sessão 6- Início da construção do modelo de ciclo de vida - Formicário	Ciclos de vida Reprodução assexuada Reprodução sexuada		- Explicação inicial sobre os objetivos da sexta sessão e enquadramento curricular. - Discussão e reflexão sobre a forma e as características que deve ter um formicário: Alimento, água, galerias... - Explicação e discussão dos procedimentos necessários para a construção do formicário em gesso. - Análise e discussão do ciclo de vida das formigas. - Reflexão sobre os requisitos necessários para a sobrevivência da formiga-rainha e fundação de uma nova colónia. - Síntese final dos conteúdos que podem ser abordados no modelo de <i>Ciclos de vida</i> construído.
Sessão 7- Finalização da construção do modelo de ciclo	Ciclo de vida Alternância de fases nucleares Meiose		- Explicação inicial sobre os objetivos da sétima sessão e enquadramento curricular. - Finalização da construção do formicário e introdução da formiga-rainha da espécie autóctone, <i>Messor barbarus</i>.

de vida - Formicário	Fecundação Fase haplonte Fase diplonte Mitose Seres haplontes Seres diplontes Seres haplodiplontes	- Discussão e reflexão sobre as diferentes fases do ciclo de vida da formiga (ovo, larva, pupa e fase adulta). - Análise do ciclo de vida das formigas e discussão sobre o processo e importância da alternância de fases nucleares. - Reflexão sobre os requisitos necessários para a sobrevivência da formiga-rainha e fundação de uma nova colónia.
Sessão 8- Início da construção do modelo de ciclo de vida da formiga em álcool	<i>Ciclos de vida</i> haplontes, diplontes e haplodiplontes Alternância de fases nucleares Meiose Fecundação Partenogénese Espirogira Polipódio	- Explicação inicial sobre os objetivos da oitava sessão e enquadramento curricular. - Discussão sobre as diferentes fases do ciclo de vida da formiga e comparação com as fases dos <i>Ciclos de vida</i> da espirogira e polipódio. - Análise do ciclo de vida completo da formiga e construção de preparações definitivas em álcool de ciclos de vida. - Análise e discussão de <i>Ciclos de vida</i> complexos e interações entre <i>Ciclos de vida</i> de espécies diferentes, utilizando como caso de estudo o ciclo de vida da borboleta azul das turfeiras, <i>Phengaris alcon</i>. - Síntese dos conteúdos que podem ser abordados nos modelos de <i>Ciclos de vida</i> construído.
Sessão 9- Finalização da construção do modelo de ciclo de vida da formiga em álcool	<i>Ciclos de vida</i> haplontes, diplontes e haplodiplontes Alternância de fases nucleares Mitose Meiose Fecundação	- Explicação inicial sobre os objetivos da nona sessão e enquadramento curricular. - Finalização da elaboração de preparações definitivas de <i>Ciclos de vida</i> de formigas em álcool. - Reflexão final sobre a importância da alternância de fases nucleares no sucesso reprodutivo das espécies e capacidade de adaptação a alterações ambientais. - Síntese final dos conteúdos que podem ser abordados nos modelos de <i>Ciclos de vida</i> construído.
Sessão 10- Embelezamento do modelo de uma bacia hidrográfica	Risco geológico Ordenamento do território Erosão e transporte de sedimentos Carga sólida Construção em leito de cheia Barragem	- Explicação inicial sobre os objetivos da décima sessão e enquadramento curricular. - Visualização análise e discussão de um vídeo sobre a construção de modelos de árvores. - Embelezamento do modelo, através da construção das árvores para simular a vegetação arbórea e arbustiva, construção de edifícios e pintura do leito do rio (cor azul), rochas (cor cinzenta) e vegetação de porte rasteiro (cor verde). - Síntese e reflexão global sobre os fenómenos que ocorrem numa bacia hidrográfica, desde fenómenos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, calibração granulométrica dos sedimentos ao longo do rio, colmatação das albufeiras das barragens por retenção de sedimentos, passando ainda pela erosão causada na zona litoral devido ao desequilíbrio entre os processos de erosão e deposição de sedimentos.
Sessão 11- Apresentação final dos modelos construídos: Modelo de <i>Ciclos de vida</i> e modelo de uma bacia hidrográfica	Ciclos de vida Bacias hidrográficas	Apresentação final dos modelos construídos pelo clube aos restantes elementos da turma. Esta apresentação foi realizada no espaço ao ar livre da escola.

Quadro 5 – Descrição detalhada dos conteúdos e procedimentos abordados em cada sessão do Clube “Construir Ciência – Do papel para a prática”.

2.7. Considerações sobre os modelos construídos

O modelo da bacia hidrográfica construído apresenta várias vantagens e algumas desvantagens, mas é sem dúvida uma forma muito dinâmica de abordar estes conceitos. A principal desvantagem da utilização deste modelo no ensino da Geologia está relacionada com as analogias criadas ou os exemplos utilizados que podem originar o aparecimento de conceções alternativas ou erróneas caso o modelo não seja devidamente utilizado ou explicado pelo professor. Assim, durante a experimentação do modelo devemos atender às limitações conceptuais do mesmo.

Com este modelo de bacia hidrográfica os professores conseguem abordar todos os conceitos propostos pelo ministério da educação para o capítulo “Ocupação antrópica e problemas de ordenamento”, permitindo assim que os alunos os apreendam de uma forma mais dinâmica e prática.

Este modelo permite ainda abordar outros conceitos de Geologia como paleoambientes, ambientes sedimentares, formação de rochas sedimentares, tipos de rochas detríticas, (...). Caso se pretenda, será interessante abordar alguns conceitos de Biologia como ecossistemas, habitats, fauna e flora.

Numa sala de aula este modelo da bacia hidrográfica pode ser utilizado de várias formas: pode ser utilizado como um cenário ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas), onde os próprios alunos podem manipular o modelo de forma a encontrar respostas para as questões-problema propostas, ou pode ser apresentado pelo professor como resumo da matéria lecionada.

A utilização de formigas como organismo modelo para demonstrar um ciclo de vida em laboratório tem várias vantagens: é um ciclo de vida que se pode completar em menos de um ano letivo, ocupa pouco espaço, não requer cuidados especiais de manutenção. Assim, pode ser uma boa opção de animal modelo a indicar para se utilizar numa escola. No entanto, é importante realçar que as condições ambientais podem dificultar a visualização de todas as fases do ciclo de vida. Quando as temperaturas são mais baixas, as formigas entram em hibernação, podendo prolongá-lo durante vários meses. Um dos problemas encontrado foi o tempo excessivo que as novas formigas passaram em fase de ovo, cerca de 2 meses, o que constituiu um problema para o desenvolvimento do projeto tendo em conta a janela temporal disponível; foi um aspeto menos positivo que não tem tanta relevância se a sua preparação for iniciada mais cedo, ou se o formicário for mantido ao longo de vários anos.

O tamanho dos ovos, larvas e obreiras é um ponto negativo a ter em conta, embora seja interessante visualizar a colónia crescer e a trabalhar, é muito complicado observar estes exemplares sem o auxílio de uma boa lupa binocular. É também difícil elaborar uma preparação do ciclo de vida em álcool devido ao tamanho dos insetos. Uma forma de transpor este obstáculo, criado pelo tamanho da espécie utilizada, seria recorrer à utilização de outras espécies de maior tamanho e/ou em diferentes fases do ciclo de vida. Caso se utilizem várias espécies de formigas, é importante realçar que se trata de uma representação de várias fases de um ciclo de vida diplonte e não a representação de um ciclo de vida de uma espécie em particular.

Pode-se no entanto optar ainda por construir um ciclo de vida com outros insetos, por exemplo algumas espécies de coleópteros (Soares, 2014) sendo também muito fácil fazer a sua manutenção em terrário. Estes insetos têm normalmente um ciclo de vida curto, alguns meses, e conseguem-se manter relativamente bem em condições ambientais desfavoráveis, tendo ainda como ponto favorável o seu tamanho, permitindo facilmente observar vários pormenores sem ter de se recorrer a lupas binoculares.

Assim, a utilização destes animais modelo pode ser de grande utilidade para um professor, podendo tratar-se de um projeto anual onde os alunos durante as aulas vão observando o desenrolar do ciclo de vida do animal. Caso o professor pretenda podem-se ainda realizar várias aulas para avaliar o desenvolvimento do ciclo de vida.

3. Resultados e discussão

A análise estatística realizada, tendo por base apenas os resultados obtidos com a cotação dos mapas de conceitos (Anexo V), apenas avalia os saberes cognitivos dos alunos. Inicialmente optou-se por analisar os dados de cada modelo de forma individual, ou seja, analisou-se os mapas de conceitos de Biologia e de Geologia separadamente, posteriormente juntaram-se os mapas de conceitos de Biologia e Geologia e procedeu-se à análise em conjunto dos dados.

3.1. Análise dos mapas de conceitos por áreas temáticas

Análise dos mapas de conceitos de Biologia

A comparação dos resultados da cotação dos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste de Biologia, elaborados pelos grupos de controlo e experimental,

mostram (Figura 7) uma mediana mais elevada para o grupo experimental no pré-teste e pós-teste.

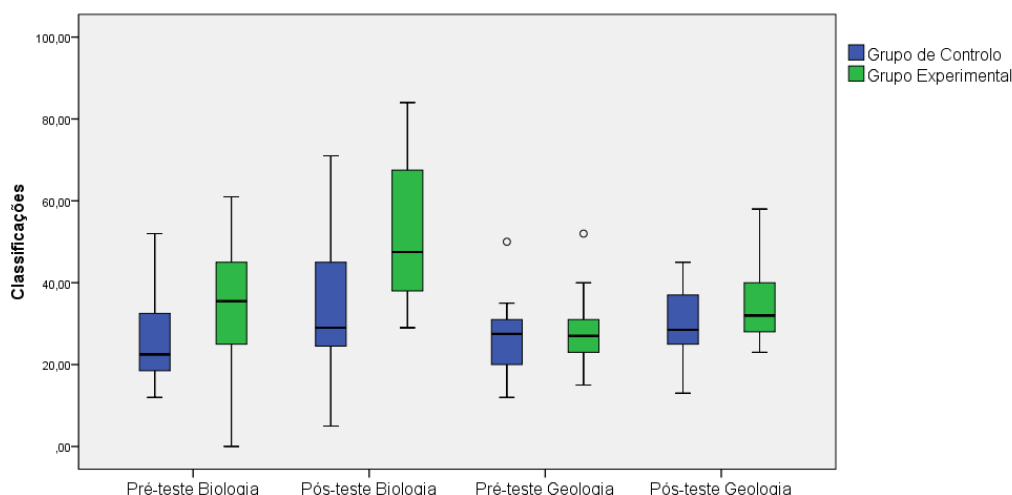


Fig. 7 - Gráfico do tipo caixa de bigodes das classificações dos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste do módulo de Biologia e de Geologia. Os gráficos apresentados encontram-se organizados em *clusters* de grupo de controlo e experimental,

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pré-teste de Biologia (Quadro 6) mostra que o nível de significância ($p=0.045$) leva a rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , ou seja, a concluir que as duas distribuições diferem na tendência central, ainda que o resultado se encontre muito perto do limite da significância. Deste modo, a diferença observada, no valor mediano, entre o grupo controlo e experimental, é estatisticamente significativa, o que nos permite afirmar que os dois grupos são à partida diferentes.

Parâmetros	Biologia		Geologia	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
Mann-Whitney U	119.5	78	197.5	148.5
Wilcoxon W	419.5	378	368.5	401.5
Z	-2.004	-3.150	-0.014	-1.348
p-value	0.045	0.002	0.989	0.178

Quadro 6 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Mann-Whitney aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste, para cada um dos módulos.

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pós-teste de Biologia (Quadro 6) permite, pelo nível de significância obtido ($p=0.002$), rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , ou seja, as duas distribuições diferem em tendência central. As diferenças observadas nas medianas entre os dois grupos são estatisticamente significativas.

Analisando os resultados obtidos pelos dois grupos nos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste de Biologia (Figura 7) podemos observar que a mediana dos mapas de conceitos pós-teste é sempre superior à mediana obtida nos mapas de conceitos pré-teste, embora os valores sejam mais elevados para o grupo experimental.

Os resultados do teste de Wilcoxon para os mapas de conceitos de Biologia (Quadro 7) mostram níveis de significância ($p=0.001$) inferior $p=0.05$, o que leva a rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , o que significa que as duas distribuições diferem nas pontuações médias. Os resultados obtidos no mapa de conceitos pós-teste são significativamente superiores aos resultados obtidos no mapa de conceitos pré-teste para ambos os grupos. Porém, os resultados dos alunos que participaram no Clube de Ciências são superiores.

Parâmetros	Biologia		Geologia	
	Grupo de Controlo	Grupo Experimental	Grupo de Controlo	Grupo Experimental
Z	-3.445	-3.052	-1.720	-3.410
p-value	0.001	0.001	0.085	0.001

Quadro 7 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Wilcoxon aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste do grupo experimental e de controlo, para cada um dos módulos.

Análise dos mapas de conceitos de Geologia

A comparação dos resultados da cotação dos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste de Geologia, elaborados pelos grupos de controlo e experimental, mostram (Figura 7) uma mediana mais elevada para o grupo experimental no pós-teste, já no pré-teste ambos os grupos obtiveram uma mediana idêntica.

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pré-teste de Geologia (Quadro 6) mostra que o nível de significância ($p=0.989$) leva a aceitar H_0 , ou seja, a concluir que as duas distribuições não diferem na tendência central. Deste modo, e tal como observado diretamente na Figura 7, o valor mediano de ambos os grupos é aproximadamente igual, o que nos permite afirmar que os dois grupos são semelhantes entre si e assim inferir que qualquer alteração que se verifique, poderá advir da intervenção realizada.

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pós-teste de Geologia (Quadro 6) permite, pelo nível de significância obtido ($p=0.178$), aceitar H_0 , ou seja, a concluir que as duas distribuições não diferem na tendência central. As diferenças observadas nas medianas entre os dois grupos não são estatisticamente significativas.

Os resultados do teste de Wilcoxon para os mapas de conceitos do grupo experimental de Geologia (Quadro 7) mostram níveis de significância ($p=0.001$) inferior $p=0.05$, o que leva a rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , o que significa que as duas distribuições diferem nas pontuações médias. Os resultados obtidos no mapa de conceitos pós-teste são significativamente superiores aos resultados obtidos no mapa de conceitos pré-teste.

Os resultados do teste de Wilcoxon para os mapas de conceitos do grupo de controlo de Geologia (Quadro 7) mostram níveis de significância ($p=0.085$) superior a $p=0.05$, o que leva a aceitar H_0 , o que significa que as duas distribuições não diferem nas pontuações médias.

3.2. Análise conjunta dos mapas de conceitos

A comparação dos resultados da cotação dos mapas de conceitos pré-teste, elaborados pelos grupos de controlo e experimental, mostra (Figura 8) uma mediana mais elevada para o grupo experimental no pré-teste.

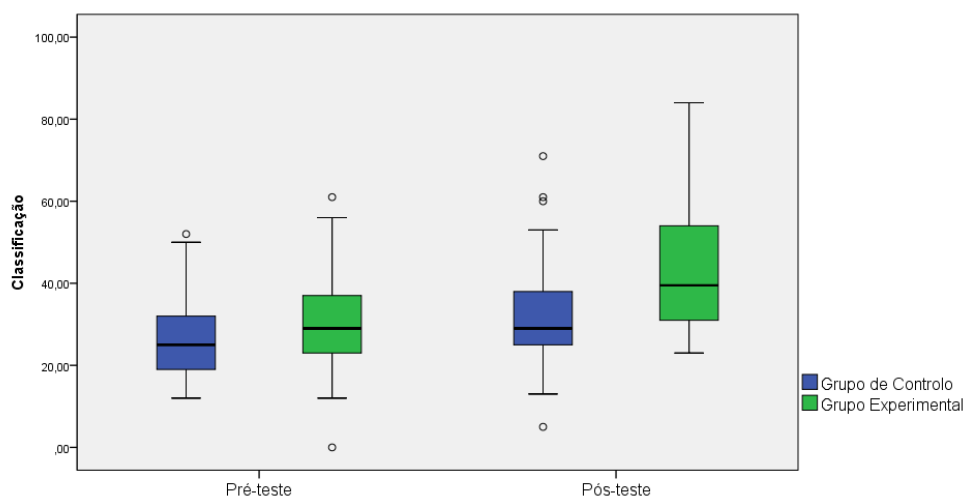


Fig. 8 – Gráfico de caixa de bigodes das classificações obtidas pelos grupos experimental e de controlo nos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste.

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pré-teste (Quadro 8) mostra que o nível de significância ($p= 0.088$) leva a aceitar H_0 , ou seja, a concluir que as duas distribuições não diferem na tendência central. Deste modo, apesar do grupo experimental apresentar um valor mediano mais elevado, esta diferença não é estatisticamente significativa, o que nos permite afirmar que os dois grupos são semelhantes entre si e assim inferir que qualquer alteração que se verifique, poderá advir da intervenção realizada.

Parâmetros	Pré-teste	Pós-teste
Mann-Whitney U	607	454
Wilcoxon W	1688	1535
Z	-1.704	-3.195
p-value	0.088	0.001

Quadro 8 – Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Mann-Whitney aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste.

Na análise da cotação dos mapas de conceitos elaborados no pós-teste verifica-se (Figura 8) que o grupo experimental volta a apresentar uma mediana mais elevada do que o do grupo controlo.

A aplicação do teste de Mann-Whitney aos resultados do pós-teste (Quadro 8) permite, pelo nível de significância obtido ($p=0.001$), rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , ou seja, as duas distribuições diferem em tendência central. As diferenças observadas nas medianas entre os dois grupos são estatisticamente significativas.

Na análise dos resultados obtidos pelos dois grupos nos mapas de conceitos pré-teste e pós-teste (Figuras 9) podemos observar que a mediana dos mapas de conceitos pós-teste é superior à mediana obtida nos mapas de conceitos pré-teste, embora os valores sejam mais elevados para o grupo experimental.

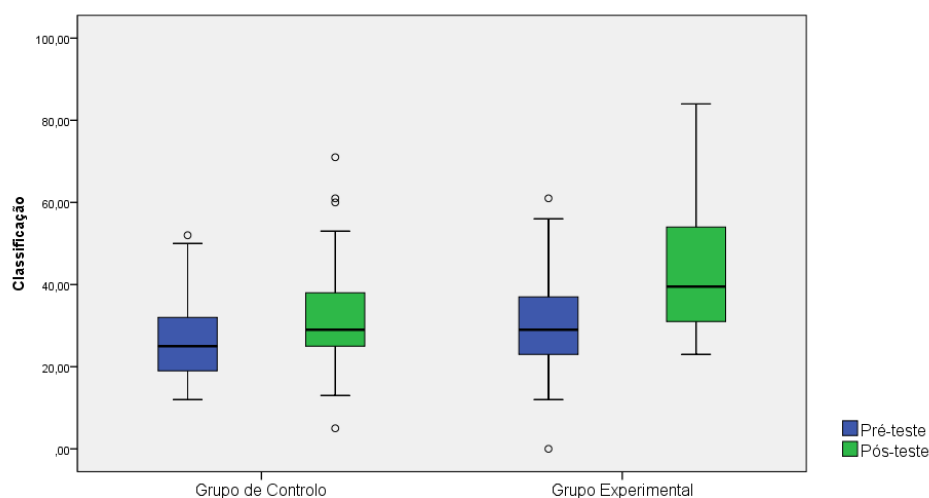


Fig. 9 - Gráfico de caixa de bigodes com a evolução das classificações do pré-teste para o pós-teste, dos grupos experimental e de controlo.

Os resultados do teste de Wilcoxon (Quadro 9) mostram níveis de significância ($p=0.000$ para ambos os grupos) inferior $p=0.05$, o que leva a rejeitar H_0 e a aceitar H_1 , o que significa que as duas distribuições diferem nas pontuações médias. Os resultados obtidos no mapa de conceitos pós-teste são significativamente superiores aos resultados obtidos no mapa de conceitos pré-teste para ambos os grupos. Porém, os resultados dos alunos que participaram no Clube de Ciências são superiores.

Parâmetros	Grupo Experimental	Grupo de Controlo
Z	-4.371	-3.883
p-value	0.000	0.000

Quadro 9 - Resultados obtidos através da aplicação do teste estatístico Wilcoxon aos resultados das cotações do mapa de conceitos pré-teste e pós-teste do grupo experimental e de controlo.

4. Conclusões

O tipo de aproximação utilizada para desenvolver uma atividade no âmbito de uma temática abordada no plano curricular, o recurso a um clube extracurricular, tem mostrado, em alguns estudos, que os alunos que se inscrevem trazem já uma motivação intrínseca para a sua frequência, podendo esse facto constituir uma ameaça à validade de alguns testes estatísticos (Bolacha, 2014)

Neste estudo estamos perante um dilema, pois foi possível encontrar duas situações opostas para os mesmos dois grupos de alunos, o controlo e o experimental. A análise dos resultados das cotações dos mapas de conceitos do pré-teste mostram diferenças, no caso da temática dos *Ciclos de vida*, apoiando portanto a ideia da existência de uma segregação positiva dos alunos com maior motivação e possivelmente com melhores classificações; pelo contrário, no caso da temática *Bacia hidrográfica*, a análise dos resultados não permite detetar qualquer diferença entre os alunos dos dois grupos, à partida.

Não podemos portanto afirmar sem margem para dúvidas que tenha existido uma segregação positiva, a favor do clube de ciências, dos alunos com melhores classificações, nem tão pouco o contrário.

Para considerar a existência de segregação positiva seria preciso algum argumento para justificar a falta de diferenças na área da Geologia. Poderia argumentar-se que os conceitos envolvidos seriam abordados com maior frequência nos vários meios de informação, tal como internet, jornais e televisão, favorecendo uma aprendizagem informal.

Para considerar a inexistência de uma segregação positiva seriam precisos argumentos para contrariar as diferenças entre os resultados dos grupos de controlo e experimental no caso da Biologia, o que seria mais difícil. O pequeno tamanho da amostra poderia ser um problema, ou seja, se houvesse resultados de mais alunos, talvez as diferenças no pré-teste deixassem de ser significativas.

Uma possível explicação para estes resultados pode advir da disparidade dos alunos das turmas que constituem o grupo de controlo e experimental, uma vez que, o grupo experimental constituído quase na totalidade pela turma do 11°C e o grupo de controlo é constituído quase na sua totalidade pelos alunos do 11ºA (ver

Quadro 2). Esta poderá ser uma das ameaças à validade interna do estudo, pois como os professores são diferentes, podem, em algum momento, ter auxiliado os alunos na elaboração dos mapas de conceitos, o que poderia explicar os desvios encontrados no estudo.

Outra explicação para os resultados obtidos na temática da Biologia, pode advir do grau de dificuldade dos conceitos e da sua complexa articulação durante a elaboração dos mapas de conceitos. Esta ideia é suportada pela enorme dispersão dos dados (ver Figura 7) quer no pré-teste quer no pós-teste de ambos os grupos.

Em ambas as temáticas os grupos experimentais demonstraram ter uma evolução significativa do pré-teste para o pós-teste, o que pode advir de outros fatores externos aos que foram manipulados. E com base na figura 7 podemos afirmar que existiu um maior aumento da mediana nos alunos que participaram no Clube, o que pode advir do fator potenciador da aprendizagem baseada em modelos. Não podemos contudo assegurar é que as melhorias observadas, no caso da atividade na temática *Ciclos de vida*, sejam resultantes do plano de intervenção no clube.

Porém, com base na análise estatística global do recurso aos modelos, tudo indica que devemos aceitar a nossa hipótese H_1 , ou seja, que a utilização de animais modelos e de modelos no ensino das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas* potencia o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, mas será no entanto pertinente utilizar a análise estatística conjunta dos modelos para reforçar a nossa decisão, uma vez que estes resultados podem advir do reduzido número de amostras de cada modelo.

Assim com a análise conjunta dos mapas de conceitos, como seria de esperar, foi possível verificar que em ambos os grupos houve aprendizagem significativa. Da lecionação das áreas temáticas pelas professoras das duas turmas resultou aprendizagem significativa, já que a cotação dos mapas de conceitos aumentou, em ambos os casos, de forma significativa, do pré para o pós-teste.

Assim, com base na análise estatística realizada, temos de aceitar a nossa hipótese H_1 , ou seja, que a utilização de animais modelos e de modelos no ensino das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas* potencia o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

De facto, após a análise estatística da cotação dos mapas de conceitos pós-teste do grupo experimental e do grupo de controlo, foram observadas diferenças

significativas nos valores da mediana, com o grupo experimental a obter um valor de mediana superior ao do grupo controlo.

Assim, através de uma relação de causa-efeito, em que a causa, ou variável manipulada foi a participação dos alunos nas atividades desenvolvidas no clube, e o efeito a verificar, a aprendizagem das temáticas abordadas, podemos inferir que a participação nas atividades do clube e a inerente experiência prática, baseada na utilização de modelos animais e da construção de modelos, influenciou a aprendizagem destes alunos. Assim, estes dados corroboram com a teoria que a utilização de modelos animais e da construção de modelos para o ensino das temáticas dos *Ciclos de vida* e das *Bacias hidrográficas* contribui para uma melhoria nas aprendizagens dos alunos.

Com estes resultados podemos ainda afirmar que os alunos do grupo experimental desenvolveram, num grau mais elevado, um raciocínio científico e adquiriram mais saberes relacionados com o processo científico, frequentemente esquecidos na maioria das metodologias utilizadas no ensino das ciências (por exemplo recolher factos, gerar explicações, argumentar e comunicar), do que os alunos do grupo de controlo.

As capacidades e competências adicionais desenvolvidas durante as sessões do Clube Ciências (por exemplo, trabalho colaborativo, autonomia e pensamento crítico) poderão ter também contribuído para a melhoria dos resultados do grupo experimental.

Seria no entanto interessante dar continuidade a este tipo de estudos, procurando que através do aumento do tamanho das amostras a análise estatística se tornasse mais robusta, contribuindo assim para conclusões mais objetivas e com um maior grau de certeza. Assim, proporia para um futuro estudo, o alargamento do número de elementos de cada grupo e um maior acompanhamento da evolução dos alunos através de outros elementos de recolha de dados, como por exemplo relatórios em V de Gowin.

5. Implicações para o Desenvolvimento Profissional

Atualmente o ensino em ciências, e não só, enfrenta o problema do elevado peso que se coloca nas médias finais dos ciclos de estudos descurando a formação de futuros cidadãos com pensamento científico e crítico, favorecendo

tradicionalmente a formação de pessoas, apenas, capazes de aplicar conteúdos a situações semelhantes às que aprenderam.

Desta forma, a aprendizagem baseada na utilização de modelos parte de um problema real, do quotidiano e tem como objetivo promover o questionamento científico e pensamento crítico, em que os alunos são estimulados a investigarem e a manipular variáveis para conseguirem identificar possíveis soluções para os problemas propostos.

Os modelos para o ensino partem do aspeto lúdico para cativar e motivar os alunos, com ou sem dificuldades escolares, mas é através do rigor científico que se abordam situações reais onde estão implícitos os conteúdos pretendidos.

A utilização de modelos na sala de aula favorece ainda o desenvolvimento de capacidades e competências nos alunos, tais como desenvolvimento de uma consciência científica e experimental; a partilha de opiniões e experiências; a exploração da atividade experimental; a aproximação dos alunos à Ciência, num ambiente descontraído, de convívio e de boa disposição, através de um ensino não formal.

Na perspetiva do professor, o ensino baseado em modelos permite que o professor se atualize, que aprofunde novas áreas de conhecimento. A construção de modelos possibilita ainda ao professor compreender (em parte) a estrutura cognitiva do aluno, pois a criação e experimentação do modelo implica que o aluno passe do modelo mental criado sobre um conteúdo para o modelo real. Assim, o professor através da avaliação dos processos de construção, experimentação e resultados finais pode avaliar o conhecimento do aluno.

Trata-se ainda de uma forma heurística de avaliação das capacidades e competências dos alunos pois a construção e experimentação de um modelo requer que os alunos interajam com os materiais e equipamentos, para planearem, observarem, interpretarem, discutirem e apresentarem os resultados e conclusões das suas investigações. A construção dos mapas de conceitos só é possível se na aprendizagem através de modelos os alunos desenvolverem raciocínio científico capaz de os auxiliar a compreender de forma significativa os conteúdos abordados.

Assim, o ensino baseado em modelos é uma forma de complementar o ensino das ciências, contribuindo para uma melhoria das aprendizagens dos alunos.

6. Referências bibliográficas

- Amador, F., Perdigão S. C., Pires B. J., & Adérito V. R. (2002). Programa de Biologia e Geologia 11 º ano. Curso Geral de Ciências Naturais. Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário. Lisboa.
- Ants Unearthed (2012). *Messor barbarus - Harvester Ant*. United Kingdom. Recuperado em 29 de maio, 2014, de <http://antsuk.com/messor-barbarus-harvester-ant>.
- Bolacha, E. P. S. (2014). *Modelos de dinâmica da Terra aplicados à geologia de Portugal: relevância da experimentação análoga no ensino e na divulgação da geologia*. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Bolacha, E., Deus, H. M., Caranova, R., Silva, S., Costa, A., Vicente, J., & Fonseca, P. (2006). Modelação Analógica de Fenómenos Geológicos. *Associação portuguesa de geólogos*, 20, 33 - 56.
- Bolacha, E., Deus, H. M., & Fonseca, P. E. (2011). The concept of analogue modelling in geology: an approach to mountain building. *Anais do 9º European Science Education Research Association*. Lyon, França.
- Braga, C. M. (2007). *Relato: Os modelos e o ensino de Ciências*. Universidade de Brasília, Brasil. Recuperado em 23 de dezembro, 2013, de www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=126.
- Brusca, R. C., Brusca, G. J., & Haver, N. J. (1990). *Invertebrates: Second edition*. Estados Unidos da America: Sinauer Associates Sunderland.
- Cadell, H. (1890). Experimental researches in mountain building. *Trans. of the Royal Society of Edinburgh*, 35, 337-357.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da investigação: Guia para auto-aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Carvalho, O. N., Júnior, N. P., Santos, P. M., & Lima, J. W. (2000). Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios (1ª ed.). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica.
- Coelho, A. L. (2008). Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. *Caminhos de Geografia*, 9(26).
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education (7th ed.)*. New York: Routledge.
- Collin, F. S. (2013). *Models organisms for biomedical research*. National Institutes of Health. Recuperado em 26 de dezembro, 2013, de <http://www.nih.gov/science/models/>.

- Cook, T. D., Campbell, D. T., & Peracchio, L. (1991). *Quasi experimentation*. In M. D. Dunnett & L. M. Hough (Eds.), *Handbook of industrial and organizational psychology*. (Vol. 1, pp 491-576). Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Detrainr, C., & Jacques M. (2000). Seed preferences of the harvester ant *Messor barbarous* in a Mediterranean mosaic grassland (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 35(1).
- Dias, J. M., Ferreira, F. C., & Pereira, R. R. (1994). *Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré*. Edição eletrónica: Recuperado em 22 de dezembro, 2013, de http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/3_Caract.pdf.
- Dias, J. M., Gonzalez, R., & Ferreira, Ó. (2004). Impactes de atividades antrópicas em bacias hidrográficas e zonas costeiras: O caso do Guadiana (Portugal). *Anais do V Encontro de Professores de Geociências do Algarve*, Vila Real de Santo António, Portugal.
- Gilbert, S. (2000). *Developmental Biology (6th ed.)*. Sunderland: Sinauer Associates. Plant Life Cycles.
- Guimarães, L. R., & Cordeiro, L. J. (2008). Levantamento das áreas potenciais à erosão laminar como suporte à deteção das áreas-fonte ao assoreamento na barragem Piraquara I. *Revista Geografar*, 2(2).
- Hedges, S. B. (2002). The origin and evolution of model organisms. *Nature Reviews Genetics*, 3(11), 838-849.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Klotz, J. H. (2008). *Urban ants of North America and Europe: identification, biology, and management (1st ed.)*. London: Cornell University Press.
- Lach, L., Parr, C. L., & Abbott, K. L. (2010). *Ant ecology (1st ed.)*. Oxford: Oxford University Press Oxford.
- Lu, F. M. (2013). *Teaching With Model Organisms. Laboratory for Optical and Computational Instrumentation*. University of Wisconsin-Madison. Recuperado em 26 de dezembro, 2013, de <http://wormclassroom.org/teaching-model-organisms>.
- Maria, U. S. (2009). *O que são Organismos Modelo*. Universidade Federal de Santa Maria. Recuperado em 26 de dezembro, 2013, de http://w3.ufsm.br/labdos/arquivos/organ_model.htm.
- Marôco, J. (2010). *Análise estatística - Com o PASW Statistics*. Lisboa: Report Number – Análise e Gestão de Informação, Lda.

- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pestana, H. M. & Gageiro, J. N. (1998). *Análise de dados para Ciências Sociais - A complementaridade do SPSS*. Sílabo, 1ª edição. Lisboa.
- Reyes-López, J. L., & Fernández-Haeger, J. (2001). Some factors determining size-matching in the harvester ant *Messor barbarus*: food type, transfer activity, recruitment rate and size-range. *Insectes Sociaux*, 48(2), 118-124.
- Ribeiro, B. G. (2009). *Efeito das barragens no transporte sedimentar fluvial*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Roose, J. (2013). *Selecting animal models*. Institutional Animal Care and Use Committee. Lake Superior State University. Recuperado em 26 de dezembro, 2013, de <http://www.lssu.edu/faculty/jroose/AnimalCare/selecting%20animals.htm#Model:32Types>.
- Sampaio, F. F. (1998). Modelagem dinâmica computacional e o processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. *Ciência em tela*, 2(1).
- Sarkar, S., Pfeifer, J., & Garson, J. (2006). *The philosophy of science: an encyclopedia*. NZ, Indeks. Vol. 2. New York: Psychology Press.
- Saunitti, R. M., Fernandes, L. A., & Bittencourt, A. L. (2005). Estudo do assoreamento do reservatório da barragem do rio Passaúna-Curitiba-PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, 54.
- Silva, A., Garmaxo, F., Santos, M., Mesquita, A., & Baldaia, L. (2002). *Terra, universo de vida – 1ª parte*. Portugal: Porto editora. 85 - 96.
- Soares, C (2014). *Utilização de modelos didáticos no ensino da Biologia e da Geologia: Exploração das temáticas dos Ciclos de vida e Bacias hidrográficas*. Relatório de estágio, Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Twyman, R. (2002). *What are "model organisms"?*. Wellcome Trust - The Human Genome. Recuperado em 26 de dezembro, 2013, de http://genome.wellcome.ac.uk/doc_WTD020803.html.
- Vasconcelos, C., & Almeida, A. (2012). *Aprendizagem baseada na resolução de problemas no ensino das ciências. Propostas de trabalho para Ciências Naturais, Biologia e Geologia*. Portugal: Porto editora.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). London: Sage Publications.

7. ANEXOS

ANEXO I – FICHAS ELABORADAS PARA OS MAPAS DE CONCEITOS SOBRE CICLOS DE VIDA E BACIAS HIDROGRÁFICAS

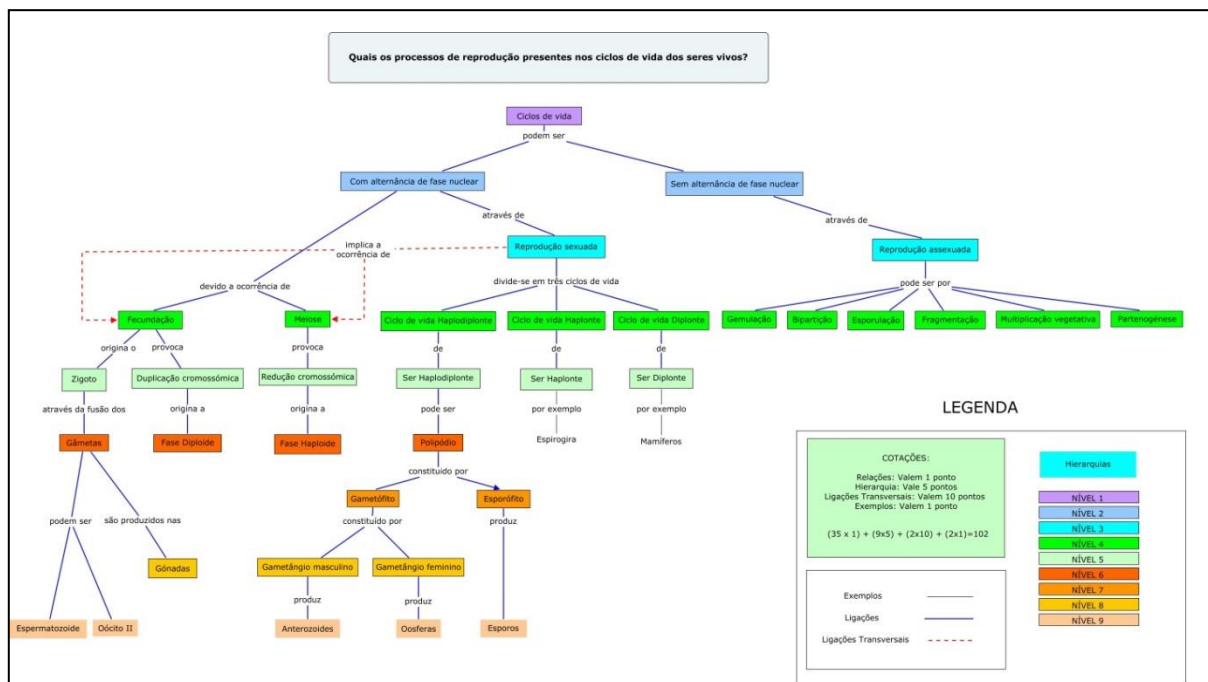
Nome: _____ Turma: _____ Nº: _____	Núcleo de estágio de Biologia e Geologia	
Elabora um mapa de conceitos de forma a responder à questão problema. Para isso, mobiliza os conceitos que se encontram na coluna à direita. Caso seja pertinente podes acrescentar outros conceitos.		
Quais os tipos de ciclos de vida que podemos encontrar nos seres vivos?		Conceitos: • Alternância de fases nucleares • Fase Diploide • Fecundação • Gâmeta • Ciclos de vida • Fase Haploide • Reprodução assexuada • Reprodução sexuada • Gónadas • Esporos • Esporulação • Meiose • Mitose • Zigoto • Ser haplonte • Ser diplonte • Multicelular • Espirogira • Polipódio • Diferenciação celular • Ócito II • Espermatozoide • Bipartição • Multiplicação vegetativa • Fragmentação • Mamíferos • Insetos • Multicelularidade • Gametângios • Oosferas • Gametófitos

ANEXO I A)- Documento fornecido aos alunos para a elaboração do mapa de conceitos sobre os ciclos de vida.

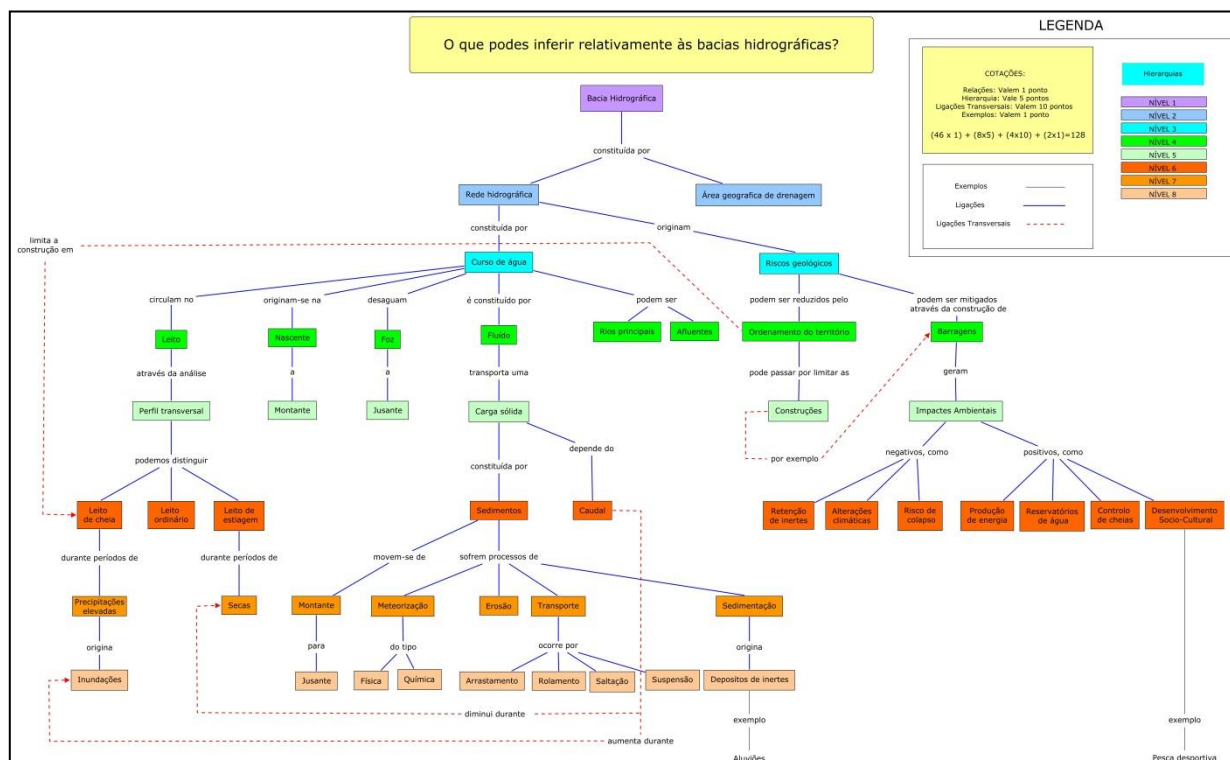
Nome: _____ Turma: _____ Nº: _____	Núcleo de estágio de Biologia e Geologia	
Elabora um mapa de conceitos de forma a responder à questão problema. Para isso, mobiliza os conceitos que se encontram na coluna à direita. Caso seja pertinente podes acrescentar outros conceitos.		
O que podes inferir relativamente às bacias hidrográficas?		Conceitos: • Bacia hidrográfica • Rede hidrográfica • Leito • Leito de cheia • Perfil transversal • Erosão • Transporte • Deposição • Ordenamento do território • Risco geológico • Extração de inertes • Sedimentos • Barragem • •
BACIA HIDROGRÁFICA		

ANEXO I B)- Documento fornecido aos alunos para a elaboração do mapa de conceitos sobre bacias hidrográficas.

ANEXO II – MAPAS DE CONCEITOS REFERÊNCIA



ANEXO II A)- Mapa de conceitos de referência sobre ciclos de vida.



ANEXO II B)- Mapa de conceitos de referência sobre bacias hidrográficas.

ANEXO III – LISTA DE MATERIAL UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS

A lista de material encontra-se anexada no CD. Pode ainda ser consultada ou descarregada no seguinte link:
http://www.4shared.com/office/i3JPIR0Pba/Anexo_III_-_Lista_de_material_.html

ANEXO IV – DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Bacia Hidrográfica

Fase 1 - Construção do suporte em madeira

- I. Construir a estrutura com ripas de madeira, de acordo com a figura A1. Utilizar os ângulos de 90° para segurar as pernas da estrutura.

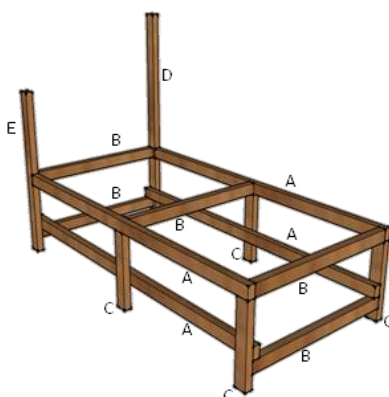


Fig. A1 - Esquema da estrutura em ripas de madeira para a construção de um modelo de bacia hidrográfica.

- II. Fixar os painéis de madeira de MDF à estrutura anteriormente construída (de acordo com a figura A2). Pregar ripas de madeira, na vertical, de modo a formar locais onde posteriormente a rede pode ser agramada.

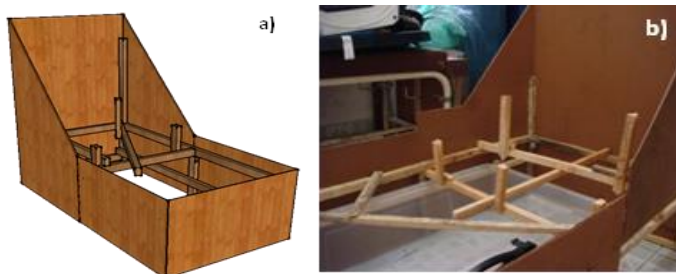


Fig. A2 - a) Esquema da estrutura final em madeira do modelo de uma bacia hidrográfica; b) Fotografia da estrutura final em madeira do modelo de uma bacia hidrográfica.

Fase 2 - Construção do relevo

- I. Com a ajuda de um marcador, desenhar o contorno do relevo na parte interna do modelo. Este relevo irá servir para orientar a fixação da rede metálica. Cortar pequenas porções de rede ($\pm 40 \times 20$ cm) e fixar à madeira com a ajuda de agrafos. Sobrepor várias camadas de rede.
- II. Na construção do relevo da bacia hidrográfica deve-se ter em atenção os seguintes aspetos:
 - Criar uma depressão para a futura albufeira da barragem;
 - Criar os relevos necessários para a água se movimentar;
 - Criar um local para inserir a comporta da barragem;
 - Criar um local de planície de inundação;
 - Criar um “lago” no final do rio para armazenar água suficiente para que a bomba de água funcione.
- III. Prender o tubo de plástico, com a ajuda de arame, na futura foz e na nascente da bacia hidrográfica. Tapar as duas extremidades do tubo com papel.
- IV. Após finalizar a construção do relevo da bacia hidrográfica, virar a estrutura ao contrário (“de pernas para o ar”) e aplicar a espuma de poliuretano.

Nota: A espuma de poliuretano expande durante o processo de secagem, aumentando o seu volume em aproximadamente 50%. Ler muito bem as instruções de utilização.



Fig. A4 - a) Fotografia da aplicação da espuma de poliuretano de forma a impermeabilizar o modelo e a conferir maior relevo; b) Fotografia do modelo final de bacia hidrográfica com espuma de poliuretano.

- V. Após a espuma endurecer, virar novamente a estrutura do modelo ao contrário (posição inicial) e utilizar novamente espuma de poliuretano para dar relevos mais realistas ao modelo.

- VI. Por último, utilizar o x-ato para cortar excessos de espuma e criar os relevos finais. Caso seja necessário pode-se utilizar novamente a espuma para criar pontualmente outros relevos.

Fase 3 – Construção da comporta da barragem

- I. Cortar as placas de plástico de acordo com os seguintes esquemas. Repetir 2 vezes o modelo A.

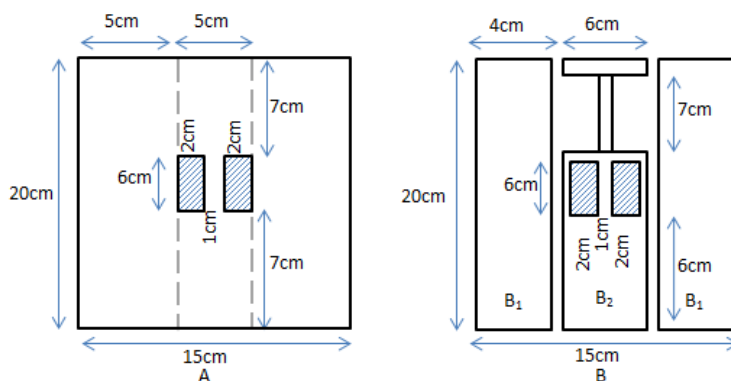


Fig. A5 - A) Esquema do corte a realizar na placa de plástico A, pertencente ao modelo de comporta da barragem; B) Esquema de corte tripartido a realizar na placa de plástico B, pertencente ao modelo de comporta da barragem.

- II. Colar as placas B1 a uma placa A, deixando o espaço necessário para posteriormente colocar a placa B2.
- III. Colar a segunda placa A às placas B1 anteriormente coladas.
- IV. Verificar se a placa B2 se move na estrutura recém-formada.

Fase 4 – Construção das árvores e das casas

- I. Com uma tesoura, cortar o fio de sisal com diferentes comprimentos.
- II. Com a ajuda de um pente, desfiar os fios de sisal e dispor em forma de triângulo.
- III. Cortar 2 fios de arame com 10cm de comprimento. Torcer os dois fios numa das pontas.
- IV. Colocar o triângulo de fio sisal por cima de um dos arames e com o segundo fio de arame prender o fio de sisal. Com a ajuda de dois alicates, torcer os dois arames até formar uma estrutura em formato de cone.
- V. Aparar possíveis pontas de maiores dimensões.
- VI. Mergulhar numa mistura de cola e água (proporção de 1:1)
- VII. Polvilhar com serrim verde* e deixar secar.

*Serrim verde - Misturar tinta de água ou tinta acrílica verde com pó de serrim. Levar várias vezes ao micro-ondas durante 30 segundos, deixando arrefecer entre cada aquecimento. Deve-se repetir estes passos até o serrim verde secar completamente. Para mais detalhes sobre como fazer árvores poderá visualizar os tutoriais em inglês nos seguintes links: <https://www.youtube.com/watch?v=pzWMqGVnqD4> e <https://www.youtube.com/watch?v=mDTKZegWuf4>.

Fase 5 – Embelezamento do modelo

- I. Utilizar tinta spray de cor verde para imitar a relva, tinta spray de cor cinza para imitar as rochas e tinta spray de cor azul para imitar os locais com água.
- II. Deixar secar e colocar as árvores construídas anteriormente.
- III. Utilizar pacotes de leite de 200 ml para construir as casas.

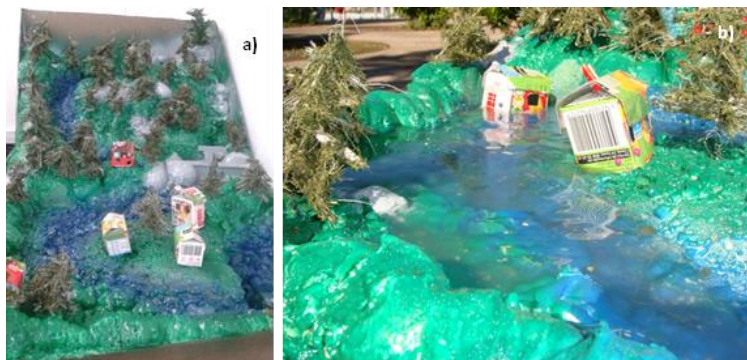


Fig. A7 - a) Fotografia do modelo final de bacia hidrográfica; b) Fotografia da inundação causada pela construção de habitações no leito de cheia.

Descrição dos procedimentos do Ciclo de Vida

Os seguintes procedimentos tem como objetivo explicar e elucidar todos os passos que foram executados durante as sessões número 6, 7, 8 e 9 do programa de intervenção. A lista do material utilizado encontra-se no ANEXO III.

Construção do Formicário

Para facilitar a leitura e a interpretação dos procedimentos referentes à construção do formicário em gesso de estuque, estes serão divididos em 3 partes: Construção do molde; Preparação da mistura de gesso de estuque; Construção do formicário em gesso de estuque.

Construção do molde

- I. Utilizar as tábuas para construir um molde, formando um retângulo de 30cm de largura por 20cm de comprimento e uma parede com 5cm de altura.
- II. Utilizar fita-cola para fixar o retângulo formado à base do molde e tapar todas as arestas, de forma a tornar o molde estanque.

- III. Utilizar este fio de plasticina para formar as futuras galerias das formigas.
- IV. Criar 2 a 3 locais mais largos para servir de galeria para a formiga-rainha e local de armazenamento de comida.
- V. Construir dois cilindros de plasticina com 4cm de altura e ligá-los perpendicularmente à base do molde. Ligar o fio de plasticina (as futuras galerias) a estes cilindros.
- VI. Fixar os tubos à extremidade livre dos cilindros.
- VII. Fixar com cola as buchas no lado interno e perpendicularmente à base do molde.

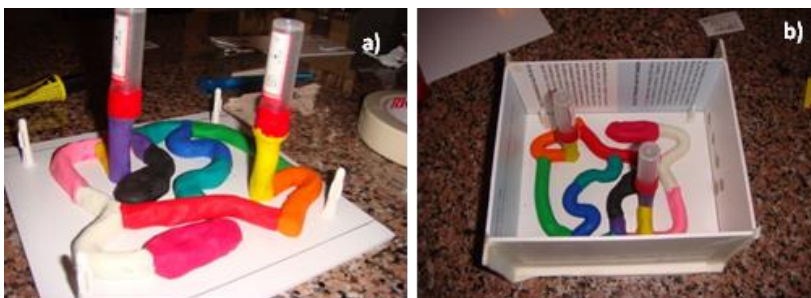


Fig. A8 – a) Fotografia do molde do formicário com as futuras galerias ainda em plasticina; b) Fotografia do molde de formicário antes de verter o gesso.

Preparação da mistura do Gesso

- I. Utilizar um gobelet de 1 litro como recipiente e verter 500 ml de água. Adicionar 500 gramas de gesso de estuque (utilizar sempre uma proporção de água para gesso de estuque de 1:1).
- II. Mexer com a vareta durante 2 a 3 minutos, até que a mistura fique completamente homogênea. A mistura deve ter uma elevada viscosidade.

Construção do formicário em gesso de estuque

- I. Verter a mistura de gesso de estuque hidratado até perfazer os 5cm de altura.
- II. Deixar repousar durante 2 a 3 horas para solidificar devidamente e retirar do molde.
- III. Retirar toda a plasticina com o auxílio de uma agulha espatulada. Retirar com cuidado os tubos de ensaio.
- IV. Virar o formicário (molde de gesso) com as galerias para cima e fixar o plástico duro transparente sobre o mesmo.
- V. Encher metade do tubo de ensaio com água e tapar com algodão de forma a evitar que a água verta. Empurrar o algodão até ao nível da água.
- VI. Encher o segundo tubo de ensaio até meio com alpista e fixá-lo ao formicário.
- VII. Colocar a formiga-rainha no local de inserção dos tubos de ensaio e logo em seguida fixar o tubo de ensaio com o algodão e a água.

VIII. Utilizar uma folha de papel ou papel celofane vermelho para tapar o local das galerias.



Fig. A9 – a) Fotografia do procedimento de verter o gesso no molde de formicário; b) Fotografia do modelo de formicário final, já com o plástico transparente de proteção.

Construção das preparações definitivas de ciclos de vida

- I. Desenhar, no papel de engenhoiro, com tinta-da-china um ciclo de vida de uma formiga e fazer a legenda de cada etapa do ciclo.
- II. Utilizar alfinetes para fixar as formigas nos respetivos locais do ciclo de vida.
- IV. Encher o frasco de 250 ml com álcool a 70% de modo a ficar a 1 cm da borda do frasco.
- V. Inserir com cuidado o papel de engenhoiro com as formigas e lacrar.
- VI. Fazer a identificação na tampa do frasco.



Fig. A10 – a) Fotografia da construção das preparações definitivas de *Ciclos de vida* em álcool; b) Fotografia da fixação das formigas no papel de acrílico das preparações definitivas de *Ciclos de vida* em álcool.

ANEXO V – TABELAS DAS COTAÇÕES DOS MAPAS DE CONCEITOS

As tabelas das cotações dos mapas de conceitos encontram-se anexadas ao CD. Podem ainda ser consultadas ou descarregadas no seguinte link:
http://www.4shared.com/office/E9Wjc_SNce/Anexo_V_-_Tabelas_das_cotaes_d.html

ANEXO VI – MAPAS DE CONCEITOS ELABORADOS PELOS ALUNOS

A título de exemplo, alguns dos mapas encontram-se anexados no CD. Podem ainda ser consultados ou descarregados no seguinte link:
http://www.4shared.com/office/gklFB7pTce/ANEXO_VI__Mapas_de_conceitos_e.html