



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Cristina Marques Figueiredo

DO INTERIOR DA CÉLULA AO INTERIOR DA TERRA
O ENSINO DO CRESCIMENTO E RENOVAÇÃO CELULAR,
MEIOSE E REPRODUÇÃO SEXUADA, E ESTRUTURA INTERNA DA TERRA

Relatório de estágio pedagógico no âmbito do Mestrado de Ensino de Biologia e Geologia
no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário,
orientado pela Professora Doutora Isabel Maria de Oliveira Abrantes
e pelo Professor Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher
e apresentado aos Departamento de Ciências da Vida e Departamento de Ciências da Terra,
da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2019

Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra

**DO INTERIOR DA CÉLULA AO INTERIOR DA TERRA
O ENSINO DO CRESCIMENTO E RENOVAÇÃO CELULAR,
MEIOSE E REPRODUÇÃO SEXUADA, E ESTRUTURA
INTERNA DA TERRA**

Ana Cristina Marques Figueiredo

Relatório de estágio pedagógico no âmbito do Mestrado de Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário orientado pela Professora Doutora Isabel Maria de Oliveira Abrantes e pelo Professor Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher, e apresentado aos Departamentos de Ciências da Vida e Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário (Decreto Lei 79/2014, de 14 de maio).

Setembro de 2019

1 2  9 0

UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Agradecimentos

Aos meus orientadores científicos, Professora Doutora Isabel Abrantes e Professor Doutor Pedro Callapez Tonicher pelos ensinamentos, pela exigência, dedicação e disponibilidade e por me terem levado a superar-me diariamente.

Ao professor cooperante, Professor Paulo Magalhães, por todo o acompanhamento, orientação, inspiração e paciência, pela amizade e experiências partilhadas e por todas as discussões que tão importantes foram para o meu crescimento, profissional e pessoal, ao longo deste ano.

Aos colegas de mestrado, que me acompanharam nos últimos dois anos, João Silva, Miguel Gomes e João Osório pelo companheirismo, colaboração, motivação e amizade e por terem tornado esta experiência memorável.

Aos alunos do 11^ºA e do 7^ºI porque os primeiros alunos marcam, para sempre, a carreira de qualquer professor.

Aos meus amigos, especialmente os que acompanharam o ano de estágio e a redação do relatório, que estiveram sempre disponíveis a ouvir os meus desabafos e frustrações, que tiveram sempre uma palavra amiga ou um abraço carinhoso para me dar, porque sem eles teria sido muito mais difícil.

Aos meus pais, por todo o apoio incondicional, encorajamento e força que me deram ao longo deste percurso. Por nunca me terem deixado desistir do meu sonho. Por me colocarem sempre em primeiro lugar e, acima de tudo, por serem o meu lugar seguro.

Do interior da célula ao interior da Terra

O ensino do crescimento e renovação celular, meiose e reprodução sexuada, e estrutura interna da Terra

Resumo

Este relatório refere-se à unidade curricular de Estágio Pedagógico e Relatório do segundo ano do Mestrado de Ensino de Biologia e Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e, consiste na descrição e discussão das atividades desenvolvidas e, posteriormente, aplicadas no âmbito da iniciação à prática profissional, incluindo a prática de ensino supervisionada, que se realizou na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, no ano letivo 2018/2019. As práticas letivas focaram, no 11º ano, dois temas da biologia, “Crescimento e renovação celular” e “Meiose e reprodução sexuada”; e no 7º ano, um subtema da geologia onde se trabalharam os conteúdos relacionados com a “Estrutura interna da Terra”. O estágio pedagógico é um momento importante na formação inicial de professores ao promover um primeiro contacto com a realidade escolar e com a profissão docente. No decorrer do estágio foram construídos vários recursos didáticos, desenvolveram-se e aplicaram-se múltiplas estratégias de ensino e atividades e houve uma reflexão constante sobre o seu impacto no processo de ensino-aprendizagem. O recurso a diferentes atividades práticas (lápiz e papel, debate, construção de modelos e observação de fotografias de microscopia) permitiu a criação de momentos de aprendizagem cooperativa onde os alunos, sendo o foco da ação educativa, se apresentaram motivados e participativos. A realização destas atividades serviu também de momento de avaliação formativa do processo de ensino-aprendizagem e do desempenho do professor estagiário. Os recursos e estratégias empregues nas práticas letivas foram avaliados, essencialmente, através da avaliação diagnóstica e sumativa. Os resultados obtidos mostraram uma evolução dos conhecimentos dos discentes, em ambas as turmas, e parecem indicar que, genericamente, as atividades letivas foram adequadas e promoveram o desenvolvimento de competências cognitivas, procedimentais e atitudinais.

Palavras-chave: Crescimento e renovação celular; ensino de ciências; estágio pedagógico; estrutura interna da Terra; meiose e reprodução sexuada

From inside the cell to the inside of Earth

Teaching cell growth and renewal, meiosis and sexual reproduction, and Earth's internal structure

Abstract

This report, on the curricular unit of Pedagogical training and report of the second year of the master's degree In Biology and Geology Teaching in the 3rd Cycle of Basic Education and Secondary Education, consists of the description and discussion of the activities developed and subsequently applied in the context of the initiation to professional practice, including supervised teaching practice. These practices took place in the secondary school D. Duarte, in Coimbra, during the school year 2018/2019. The teaching lectures focused on two themes of biology of the 11th grade, "Cell growth and renewal", and "Meiosis and sexual reproduction"; and on a 7th grade subtheme of geology, related to the "Earth's internal structure". The pedagogical training is an important moment in the initial teacher education by promoting a first contact with the school reality and with the teaching profession. During the training period, various didactic resources were constructed, teaching strategies and activities were developed and applied and there was a constant reflection on its impact on the process of teaching and learning. The use of different practical activities (pencil and paper, debate, construction of models and observation of microscopy photographs) allowed the creation of cooperative learning moments where the students, being the focus of the educational action, were motivated and participative. These activities were also a moment of formative assessment of the teaching-learning process and of the performance of the trainee teacher. The performance of the resources and strategies employed in the school practices was evaluated essentially through the diagnostic and summative evaluation. The results revealed that in both classes there was an evolution of the student's knowledge and seem to indicate that, generally, the school activities were adequate and promoted the development of cognitive, procedural and attitudinal competencies.

Keywords: Cell growth and renewal; Earth's internal structure; meiosis and sexual reproduction; pedagogical training; science teaching

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
1. Introdução	1
2. Enquadramento Teórico.....	3
2.1 Ensino e aprendizagem das ciências.....	3
2.1.1 Argumentação e aprendizagem.....	5
2.1.2 Planificação	7
2.1.3 Trabalho prático.....	8
2.1.4 Mapas conceptuais.....	9
2.1.5 V de Gowin.....	11
2.1.6 Modelos.....	12
2.1.7 Tecnologias de Informação e Comunicação	13
2.1.8 Avaliação.....	14
2.2 Crescimento e renovação celular, Meiose e reprodução sexuada	18
2.2.1 Ciclo celular	18
2.2.2 Crescimento e renovação celular e diferenciação.....	19
2.2.3 Células estaminais	21
2.2.4 Regeneração.....	24
2.2.5 Cancro e mutações.....	25
2.2.6 Reprodução sexuada.....	27
2.2.7 Meiose.....	28
2.2.7.1 Divisão I.....	28
2.2.7.2 Divisão II.....	30
2.2.7.3 Erros e mutações.....	31
2.2.8 Gametogénese	33

2.2.8.1	Espermatogénese.....	34
2.2.8.2	Oogénese.....	35
2.2.9	Fecundação.....	36
2.2.10	Clonagem.....	38
2.3	Bioética.....	38
2.4	Estrutura Interna da Terra.....	41
2.4.1	Contextualização histórica.....	41
2.4.2	Métodos de estudo do interior da Terra.....	43
2.4.3	Métodos diretos.....	43
2.4.3.1	Afloramentos.....	44
2.4.3.2	Explorações mineiras.....	44
2.4.3.3	Sondagens e perfurações.....	45
2.4.3.4	Vulcanismo.....	49
2.4.4	Métodos indiretos.....	50
2.4.4.1	Densidade.....	50
2.4.4.2	Condutividade elétrica.....	51
2.4.4.3	Gravimetria.....	51
2.4.4.4	Isostasia.....	52
2.4.4.5	Geomagnetismo.....	53
2.4.4.6	Gradiente geotérmico.....	55
2.4.4.7	Sismologia.....	56
2.4.4.8	Astrogeologia.....	61
2.4.4.9	Modelos matemáticos.....	61
2.4.5	Modelos atuais.....	62
2.4.5.1	Modelo geoquímico.....	62
2.4.5.2	Modelo geofísico.....	64
3.	Metodologia.....	69
3.1	Caracterização da escola.....	69
3.2	Caracterização das turmas.....	69

3.3	Seleção dos temas	70
3.4	Recursos e estratégias	71
3.4.1	Planificação	71
3.4.1	Avaliação diagnóstica (pré-teste e pós-teste)	77
3.4.1	Grelhas de observação de aulas	83
3.4.1	<i>PowerPoint</i> e quadro interativo	86
3.4.2	Mapa de conceitos	89
3.4.3	Atividades práticas	94
3.4.3.1	Atividade prática “Dividir para multiplicar”	94
3.4.3.2	Atividade prática “Uma fatia de Terra”	97
3.4.3.1	Atividades práticas de lápis e papel	100
3.4.3.2	Debate	116
3.4.4	Avaliação formativa	122
3.4.5	Avaliação sumativa	128
3.5	Outras atividades	150
4.	Resultados e conclusões	153
4.1	Biologia 11º ano	153
4.1.1	Avaliação diagnóstica	153
4.1.2	Relatório em V de Gowin	156
4.1.3	Debate	158
4.1.4	Teste de avaliação sumativa	159
4.2	Geologia 7º ano	160
4.2.1	Avaliação diagnóstica	160
4.2.2	Atividade prática de lápis e papel “Viagem ao centro da Terra – parte 2”	163
4.2.3	Atividade prática de lápis e papel “Resumindo”	163
5.	Considerações finais	165
6.	Referências	167
7.	Anexos	173

Anexo I - Planificação a longo prazo para a disciplina de Biologia e Geologia de 11º ano	174
Anexo II - Planificação a longo prazo para a disciplina de Ciências Naturais, 7º ano	174
Anexo III - Planificação a médio prazo da disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano, referente ao 1º período do ano letivo	175
Anexo IV - Planificação a médio prazo da disciplina de Ciências Naturais do 7º ano, referente ao 2º período do ano letivo	176
Anexo V – Critérios e descritores de correção da parte 2 da atividade prática de lápis e papel, sobre estrutura interna da Terra - “Viagem ao centro da Terra”, aplicada na turma de 7º ano.	177
Anexo VI - Matriz do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.	180
Anexo VII - Matriz, para os alunos, do teste sumativo Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.	183
Anexo VIII - Critérios de correção e descritores do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.	185
Anexo IX - Matriz do teste de avaliação sumativa sobre Estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.	190
Anexo X - Matriz, para os alunos, do teste sumativo sobre Estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.	191
Anexo XI - Critérios de correção e descritores do teste de avaliação sumativa sobre Estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.	192
Anexo XII - Critérios e descritores de correção do relatório em formato V de Gowin respeitante à atividade prática de Biologia "Dividir para multiplicar".	195
Anexo XIII - Critérios de correção e descritores da atividade "Resumindo" aplicada ao 7º ano.	198

1. Introdução

“A educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva.”¹

A educação foi proclamada um direito humano, pela Declaração Universal dos Direitos Humanos, assinada em Paris, em dezembro de 1948, pelos membros da assembleia geral da ONU. Em Portugal, com a publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 46/86 de 14 de outubro), em 1986, o direito à educação passou a estar contemplado na constituição Portuguesa. Desde então muitas têm sido as mudanças operadas no sistema educativo nacional, que parecem ter um ciclo de vida de 4 anos.

No panorama atual, o sistema educativo encontra-se essencialmente focado no desenvolvimento de competências, estabelecidas no *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*, cujo objetivo é ser um quadro de referência na formação de cidadãos livres, responsáveis, conscientes e participativos na sociedade em que estão inseridos (Martins et al., 2017).

Numa sociedade em constante evolução, como aquela em vivemos, e de acordo com Jones e Buntting (2015), é essencial que se garanta a formação apropriada dos alunos para que estes sejam capazes de enfrentar as rápidas mudanças a que estamos a assistir. “Tanto a educação científica como a educação tecnológica têm papéis centrais para abordar essa necessidade, cada uma tendo contribuições únicas e importantes a fazer”² (Jones & Buntting, 2015, p. 1409). “Sem dúvida, muitos dos desafios do século XXI exigirão soluções inovadoras que tenham como base o pensamento e as descobertas científicas”³ (OECD, 2017, p. 20).

¹ Lei n.º 46/86 de 14 de outubro, artigo 2º, ponto 5.

² Tradução livre da autora. No original “*Both science education and technology education have central roles in addressing this need, each having unique and important contributions to make.*” (Jones & Buntting, 2015, p. 1409).

³ Tradução livre da autora. No original “*undoubtedly, many of the challenges of the 21st century will require innovative solutions that have a basis in scientific thinking and scientific discovery.*” (OCDE, 2017, p. 20).

Assim, o professor de ciências tem hoje um papel fundamental na formação dos seus alunos, não se podendo limitar a transmitir conhecimentos, mas, principalmente, trabalhando o desenvolvimento de competências. Martin e Alvarez (1970) definem um bom e “eficiente professor de ciências como sendo alguém que procura que os alunos adquiram os conhecimentos por meio da resolução de uma série de atividades capazes de despertar e desenvolver neles hábitos e atitudes [científicas]”⁴ (Martin & Alvarez, 1970, p. 19).

Foi com esta ideia em mente que se prepararam as práticas de ensino supervisionado descritas neste relatório e realizadas no âmbito da unidade curricular Estágio Pedagógico e Relatório, cujo objetivo é colocar o professor estagiário em contacto com a profissão docente. Ao longo das secções que se seguem pretende-se: (1) contextualizar cientificamente os conteúdos abordados bem como os recursos e estratégias aplicados no decorrer do estágio pedagógico; (2) descrever os recursos e estratégias aplicadas nas práticas letivas; (3) avaliar o contributo destes recursos e estratégias para o processo de ensino-aprendizagem; e (4) refletir sobre a evolução ao longo das várias aulas lecionadas.

As práticas letivas incidiram sobre os domínios da biologia “Crescimento, renovação e diferenciação celular” e “Reprodução”, contemplados nas aprendizagens essenciais estabelecidas para a disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano, e, na geologia focaram o subtema “Consequências da dinâmica interna da Terra”, previsto nas aprendizagens essenciais para a disciplina de ciências naturais do 7º ano.

O estágio pedagógico foi desenvolvido na Escola Secundária D. Duarte, com a supervisão do orientador cooperante Professor Paulo Magalhães, e dos orientadores científicos, Professora Doutora Isabel Abrantes e Professor Doutor Pedro Callapez Tonicher.

O presente relatório pedagógico é composto por três partes; enquadramento teórico (secção 2), metodologia (secção 3), e resultados e conclusões (secção 4). Na primeira é apresentada uma contextualização teórica abordando as questões centrais do processo de ensino-aprendizagem e os conteúdos científicos lecionados nas aulas dos dois anos de escolaridade. A metodologia descreve as estratégias utilizadas nas aulas, bem como os recursos didáticos construídos e, na terceira parte apresentam-se os resultados obtidos e respetiva análise crítica, avaliando a funcionalidade das estratégias e recursos aplicados.

⁴ Tradução livre da autora. No original “*Un profesor que orienta con eficacia la enseñanza de las ciencias procura que el escolar adquiera los conocimientos, realizando una serie de actividades que despiertan y desarrollan en el interesantes hábitos y actitudes*” (Martin & Alvarez, 1970, p. 19).

2. Enquadramento Teórico

“Os alunos não podem vir a conhecer todas as ideias científicas como os cientistas originalmente as conheceram, mas podem e devem entender essas ideias como os cientistas as entendem.”⁵
Ford (2008, p. 407)

2.1 Ensino e aprendizagem das ciências

A compreensão correta de uma ideia científica requer que se conheça a forma como esse conhecimento é construído (Ford, 2008), uma vez que, segundo a *American Association of Advancement of Science*, uma compreensão da natureza da ciência (*nature of science* - NOS) é essencial para a literacia científica (McDonald, 2017).

Alcançar a literacia científica é um objetivo comum a vários documentos orientadores do ensino das ciências, tanto no panorama nacional como europeu (Veríssimo, Pedrosa & Ribeiro, 2001). Interessa, portanto, começar por definir o que se considera por “literacia científica” e perceber como esta pode ser trabalhada com sucesso nas escolas.

O programa PISA (*Programme for International Student Assessment*) da OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD) define a literacia científica como sendo “(...) a capacidade de se envolver em discussões relacionadas com ciência, e com as ideias científicas, como um cidadão reflexivo.”⁶. Sendo assim, uma pessoa cientificamente literada é aquela que “está disposta a envolver-se em discursos fundamentados sobre ciência e tecnologia, o que exige a competência para explicar fenómenos do ponto de vista científico (...), avaliar e desenhar projetos pelo questionamento científico (...) e interpretar dados e evidências cientificamente”⁷ (OECD, 2017, p. 22).

⁵ Tradução livre da autora. No original “*Students cannot come to know all scientific ideas as scientists originally came to know them, but students can and should understand these ideas as scientists understand them*” (Ford, 2008, p. 407)

⁶ Tradução livre da autora. No original “*(...) the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen.*” (OECD, 2017, p. 22).

⁷ Tradução livre da autora. No original “*is willing to engage in reasoned discourse about science and technology, which requires the competencies to explain phenomena scientifically (...), evaluate and design scientific enquiry (...) and interpret data and evidence scientifically*” (OECD, 2017, p. 22).

A promoção da literacia científica é cada vez mais importante numa sociedade que, assentando no desenvolvimento científico e tecnológico, espera que os seus cidadãos sejam cada vez mais ativos e participativos, capazes de pensar de forma crítica e de contribuir para a discussão dos grandes desafios que se levantam diariamente no panorama mundial. Isto é bem visível na postura da própria Comissão Europeia tendo em conta o relatório do PISA 2015, que refere que as soluções para os dilemas éticos e políticos não podem ser sujeitas a um debate informado se os jovens não possuírem uma certa consciência científica (OCDE, 2017).

Neste sentido, é atribuído tanto valor ao conhecimento científico que as ciências surgem no currículo escolar, de vários países, como elemento obrigatório desde o jardim de infância até à conclusão da educação obrigatória (OECD, 2017).

Como referido anteriormente, vários autores consideram que para se alcançar a literacia científica, ou seja, para aprender ciências, é indispensável compreender a origem dos próprios conhecimentos científicos, a natureza da ciência. Isto prende-se com o facto de os estudantes, geralmente, não entenderem os conceitos e ideias científicas quando se encontram meramente comprometidos com a memorização (Ford, 2008).

Segundo Martin e Alvarez (1970), “o modo mais eficaz de introduzir um aluno no campo das ciências consiste em colocá-lo na situação de descobridor”⁸ (p. 23) explicando que as crianças são curiosas por natureza, o que faz delas naturalistas natos, e que essa curiosidade - qualidade valiosa - lhes é roubada pela excessiva teorização do ensino. Também Ford (2008), refere que “ao invés de se submeterem passivamente à autoridade do professor ou do texto, os alunos devem, como o cientista, construir ativamente o seu próprio sentido de natureza”⁹ (p. 404). Nesta ótica têm-se realizado esforços no sentido de orientar o processo de ensino-aprendizagem através de um percurso paralelo ao que é utilizado pelos cientistas quando constroem conhecimento novo (McDonald, 2017).

Esta ideologia de que o aluno deve construir o seu próprio conhecimento assenta na perspetiva construtivista da educação, cuja premissa fundamental nos diz que o conhecimento resulta da interpretação pessoal que cada um faz do mundo com base nas suas experiências. Desta forma, o construtivismo defende que o conhecimento resulta da interação específica entre o indivíduo e o ambiente (Ertmer & Newby, 2013).

⁸ Tradução livre da autora. No original “*el modo más eficaz de introducir a un alumno en el campo de las materias científicas consiste en ponerlo en situación de descubridor*” (Martin & Alvarez, 1970, p. 23).

⁹ Tradução livre da autora. No original “*Rather than passively submitting to the authority of teacher or text, students should, like the scientist, actively make their own sense of nature.*” (Ford, 2008, p. 404).

Contrariamente à visão construtivista, alguns autores, advogam que os alunos não devem ter a independência para construir ideias científicas próprias. Apesar das visões antagônicas que continuam a existir, é “claramente importante para os estudantes compreenderem alguma coisa sobre a arquitetura do conhecimento científico”¹⁰ (Ford, 2018, p. 405), uma vez que não necessitam de recapitular todo o processo científico que originou determinado conhecimento, apenas necessitam de ter uma noção da prática e raciocínio científico que lhes servem de ferramentas cruciais à compreensão de novas ideias.

Na mesma linha de pensamento, Martin e Alvarez referiam, em 1970, na obra *Didáctica de las ciencias naturales*, que a aprendizagem destas ciências deve ser sempre ativa, mantendo-se um contacto direto com o objeto de estudo com recurso à observação direta de amostras ou reproduções das mesmas, à experimentação, que consiste na reprodução de fenómenos científicos, e à elaboração mental dos conceitos aprendidos, ou seja, à sua organização e consolidação no domínio mental do aluno.

Esta aprendizagem ativa deve ser conduzida pelo professor, de modo que os alunos sejam capazes de compreender os conceitos científicos a partir da análise crítica de um conjunto de dados, à semelhança do que fazem os cientistas quando descobrem algo novo (Ford, 2008).

2.1.1 Argumentação e aprendizagem

Dados os avanços e inovações tecnológicas do século XXI, espera-se que os estudantes sejam capazes de avaliar informação, proveniente de várias fontes, através da argumentação, de modo a tomarem decisões baseadas em evidências (McDonald, 2017).

A argumentação está intimamente ligada à visão NOS como base para a literacia científica (McDonald, 2017; OECD, 2017). Alguns autores encaram a argumentação como uma prática da ciência que permite ao aluno desenvolver o seu entendimento da disciplina, enquanto outros acreditam que é a própria visão que o aluno tem da natureza da ciência que influencia o seu envolvimento nas práticas argumentativas (McDonald, 2017).

Independentemente da visão que se assume, o desenvolvimento do discurso argumentativo dos alunos é, atualmente, uma componente importante no currículo das ciências em diversos países, consubstanciada pelos vários indícios que têm contribuído

¹⁰ Tradução livre da autora. No original “*It is clearly important for students to understand something about the architecture of scientific knowledge.*” (Ford, 2008, p405)

para a ideia de que a participação em atividades que pugnem por trabalhar a argumentação auxilia o desenvolvimento da literacia científica (McDonald, 2017).

No caso de Portugal, a argumentação vem referida múltiplas vezes ao longo do documento “Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória”, sendo que a área de competências que mais parece focar esta temática é a do “pensamento crítico e pensamento criativo”, na qual a argumentação vem referida como uma aptidão que todos os alunos deverão desenvolver durante este percurso, para que, no final, sejam capazes de “argumentar a partir de diferentes premissas e variáveis” de modo a alcançarem uma “tomada de posição fundamentada” (Martins et al., 2017, p. 24).

Para uma atividade assente no discurso ser considerada argumentativa tem que envolver a formulação de reivindicações apoiadas em evidências ou a avaliação de argumentos. No ensino das ciências, a argumentação implica não só as competências linguísticas inerentes à formulação de argumentos, mas também a capacidade de selecionar conhecimento relevante, de fontes apropriadas, e de analisar esse conhecimento, relacionando-o com o que se está a estudar e com conhecimentos prévios (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2015).

Apesar das recomendações para a implementação da argumentação como estratégia educativa, em contexto de sala de aula, esta é ainda pouco utilizada. Mantem-se a tendência de uma aula dominada pelo professor, onde os alunos têm raras oportunidades para se envolverem ativamente no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que muito do conhecimento científico ainda é transmitido como um conjunto de conceitos para serem memorizados (McDonald, 2017).

Esta abordagem transmissiva e centrada no professor perdura atualmente no sistema de ensino, devido a dois motivos. Se por um lado se apresenta como uma segurança e conforto para os professores, por outro, demonstra que os próprios não possuem competências adequadas para ensinar argumentação aos seus alunos. Este paradigma de ensino por instrução não só acaba por munir os alunos de uma ideia errada da natureza da ciência, como falha ao não os encorajar a explorarem o aparecimento e evolução do conhecimento científico, na medida em que este depende intimamente do discurso argumentativo para a validação de hipóteses junto da comunidade científica. (McDonald, 2017; Trindade & Cosme, 2016). Além disso, também os extensos programas e o facto de o ensino em Portugal estar altamente focado nos exames nacionais, contribuem para o paradigma do ensino por instrução.

O papel da argumentação no ensino das ciências é, simultaneamente, construir conhecimento sobre a natureza da ciência, desenvolver competências científicas (como

forma de apropriação das práticas científicas associadas como a produção, comunicação e avaliação do conhecimento) e desenvolver “habilidades de pensamento de ordem superior”, ao mesmo tempo que contribui para a cidadania dos alunos. (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2015).

Em contexto de sala de aula, os benefícios do recurso a atividades que promovam um processo de ensino-aprendizagem baseado na argumentação são vários. Estas permitem aos estudantes contactar e familiarizarem-se com várias estratégias de argumentação que lhes serão úteis enquanto futuros elementos ativos na sociedade, tornando-os socialmente mais conscientes e profissionalmente capazes. Ao mesmo tempo, a envolvimento em processos de argumentação implica uma profunda reflexão sobre os assuntos e conceitos, promovendo nos discentes uma compreensão mais significativa das ideias científicas (Matuk, 2015).

2.1.2 Planificação

A ação de ensinar é complexa. “Ensinar é fazer aprender” (Leite, 2010, p. 16), pelo que, o processo de ensino-aprendizagem exige uma reflexão constante, tanto da parte do aluno como do professor, e faz com que seja extremamente importante não só o planeamento, como a posterior avaliação da ação pedagógica (Leite, 2010).

Os conteúdos anuais de cada disciplina são estabelecidos pelo Ministério da Educação, em documentos próprios. Ao professor cabe planificar a distribuição, ao longo do ano letivo, dos conteúdos previstos nesses documentos oficiais (Martin e Alvarez, 1970). Esta planificação anual, designada planificação a longo prazo, é, geralmente, realizada em grupo disciplinar, por agrupamento/escola, à semelhança das planificações a médio prazo que se encarregam da distribuição dos conteúdos numa unidade ou num período escolar (Yildirim, 2003).

Cada professor, individualmente, tem a responsabilidade de planificar cada aula de forma específica e adaptada à(s) sua(s) turma(s), naquela que é a planificação a curto prazo (Yildirim, 2003). A planificação das aulas tem, necessariamente, que ser construída considerando o contexto programático da aula e os objetivos que o professor estabelece para a lição em questão. Os objetivos de cada aula devem ter sempre em consideração que os alunos devem construir novos conhecimentos, exercitar técnicas científicas como o raciocínio e ao mesmo tempo, desenvolver competências sociais, emocionais e afetivas (Martin & Alvarez, 1970). A função principal do professor é a “concepção da estratégia pela qual se faz com que alguém aprenda”, uma vez que a estreita relação que existe entre

ensinar e aprender “pressupõe uma intencionalidade muito específica, a qual exige a concepção estratégica da forma pela qual se promove essa aprendizagem” (Leite, 2010, p. 16).

Uma boa planificação caracteriza-se por ser explícita e detalhada, com objetivos e estratégias bem definidos, de tal maneira que o professor seja confrontado com a adequação das tarefas ao grupo turma, aos objetivos da aula e com a forma como se irá desenrolar a atividade. Esta reflexão sobre as ações concretas no decorrer da aula é fulcral, na medida em que, um planeamento, por si só, não tem valor se não for acompanhado por um conjunto de decisões operacionais que conduzam a ação (Arends, 2012; Leite, 2010).

Previamente à escrita de qualquer planificação é frequente os docentes passarem por uma fase de reflexão e de planeamento mental, onde revisitam as estratégias, recursos, ações e respetivos resultados que aplicaram em anos ou períodos anteriores. Esta meditação nas ações passadas possibilita ao professor imaginar de que forma irá decorrer determinada atividade, realizada no âmbito de uma temática concreta com um grupo turma concreto, pois uma mesma “técnica ou a mesma actividade podem ser usadas com intenções muito diferentes, dependendo do modo como são colocadas em ação” (Leite, 2010, p. 23) e do grupo com que são realizadas. Esta reflexão também permite avaliar, mesmo que de forma informal, a ação pedagógica e representa um momento determinante na ação, uma vez que “a avaliação pode ser mais ou menos consciente e fundamentada, mas sem ela não é possível avançar para a situação seguinte” (Leite, 2010, p. 18).

No plano de fundo de qualquer planificação estão sempre as “preferências e crenças pedagógicas” dos professores (Leite, 2010), independentemente do modelo seguido para a construção do plano.

2.1.3 Trabalho prático

No ensino das ciências é frequente recorrer-se a trabalho prático (TP) de diversos tipos. O que distingue o TP de outras atividades realizadas em contexto de ensino-aprendizagem é o grau de envolvimento dos alunos na atividade. Assim, afirma-se que o trabalho prático, enquanto recurso ou estratégia didática, engloba qualquer atividade em que o aluno esteja ativamente envolvido, que pode ser no domínio psicomotor, cognitivo e afetivo (Dourado, 2001).

Dentro desta definição ampla de TP encaixam também os conceitos mais restritos de trabalho laboratorial (TL), trabalho de campo (TC) e trabalho experimental (TE). Estas

atividades apresentam características muito próprias, por exemplo, o TL é realizado no laboratório e requer materiais laboratoriais, o TC é realizado no campo, *in situ*, e o TE são as atividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis (Dourado, 2001).

O TP, excluindo os tipos de atividades práticas específicas, pode ser atividades de lápis e papel, pesquisa de informação, exploração de simulações, entre muitas outras (Dourado, 2001).

O TP é, frequentemente, realizado em grupo, onde os alunos trabalham conjuntamente em prol de um objetivo final. Nestes grupos, cada aluno contribui com as suas competências para a realização da atividade e, simultaneamente, para a aprendizagem dos colegas. Apesar do processo de ensino-aprendizagem ser um trabalho de equipa, a sua avaliação é individual, o que faz deste um processo de aprendizagem cooperativa (Lopes & Silva, 2009), e das atividades práticas uma boa estratégia para colocar em prática métodos de aprendizagem cooperativa que não são possíveis de implementar em paradigmas de ensino tradicional.

2.1.4 Mapas conceptuais

Os mapas conceptuais, ou mapas de conceitos, pretendem “representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições”, sendo que por proposição se entende “dois ou mais termos conceptuais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 31), ou seja, “relações entre dois conceitos, representadas por setas, que são explicitadas por um número mínimo de palavras de ligação” (Sansão, Castro & Pereira, 2002, p. 2). Assim, um mapa de conceitos é um conjunto de proposições cuja função é “tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 31).

Os mapas conceptuais enquadram-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1963), que postula que o fator mais importante no processo de ensino-aprendizagem são os conhecimentos que o aluno já possuía *a priori*, ou seja, dos conceitos e proposições que têm significado para o aluno. Segundo a teoria de Ausubel, uma aprendizagem significativa ocorre quando o estudante faz um esforço consciente e deliberado para relacionar novos conceitos e proposições com outros já existentes (Novak, 2015).

Os mapas conceptuais devem ser construídos hierarquizando os conceitos de modo que, “os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os

conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 32). Para além disso, “sempre que possível, devem estabelecer-se ligações laterais entre conceitos com os mesmos graus de generalidade e pertencentes a níveis hierárquicos diferentes” (Sansão et al., 2002, p. 2).

De modo a haver uma aprendizagem significativa, os novos conceitos têm de complementar e ligar-se a conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno. Quanto maior a relação dos novos conceitos com aqueles que o sujeito já conhece, mais intensa é a maneira como o aluno “sente o significado” de um determinado conceito, uma vez que um novo conceito pode alterar as conceções e relações de outros que se relacionem com o novo conceito aprendido (Novak & Gowin, 1984/1999).

Na realidade, “os mapas conceptuais constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 35), sendo resumos esquemáticos do que foi aprendido. Por este motivo, podem utilizar-se como ferramenta de ensino para avaliar o grau de entendimento dos alunos relativamente a uma determinada temática ou para “reconhecer a falta de ligações entre conceitos” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 35), o que sugere a necessidade de, no caso do professor, repensar a estratégia aplicada e, no caso do aluno, de uma nova aprendizagem desses conceitos.

Para além dos benefícios acrescidos de desenvolvimento de competências cognitivas para a criação de mapas conceptuais, não existem melhorias de aprendizagem quando o mapa é apenas fornecido ao aluno (Willerman & Harg, 1991). Assim, é importante que os mapas de conceitos sejam construídos pelos próprios, até porque “a elaboração de mapas de conceitos pode ser uma actividade criativa e pode ajudar a fomentar a criatividade” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 33), além de que “quando os mapas conceptuais são feitos em grupos de dois ou três estudantes, podem desempenhar uma função social útil” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 36).

Os mapas de conceitos são recursos importantes que trazem vantagens tanto para o docente como para o discente. “Logo que os estudantes tenham aprendido a preparar mapas conceptuais, estes podem empregar-se como instrumentos poderosos de avaliação” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 39). Do ponto de vista do professor são úteis na planificação das atividades letivas, na exposição dos conteúdos e na avaliação. Do prisma do aluno, facilitam a aprendizagem, servem de síntese dos conhecimentos, de técnica de estudo e propiciam o desenvolvimento de competências sociais e metacognitivas, a capacidade de resolução de problemas e o pensamento crítico (Reis, 1995)

2.1.5 V de Gowin

Também inserido nas ferramentas que permitem realizar uma aprendizagem significativa, encontra-se o V de Gowin. Este instrumento heurístico foi proposto em 1977, por David Bob Gowin, e promove um melhor entendimento do conhecimento e da sua natureza ao “ajudar os estudantes e os professores a clarificar a natureza e os objectivos do trabalho experimental em ciências” (Novak & Gowin, 1984/1999, p. 71). O V de Gowin, auxilia os discentes a criar relações entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios (Novak & Gowin, 1984/1999).

Para além de servir de registo de uma investigação realizada, este instrumento serve, também, para planear projetos de investigação, analisar documentos científicos e é ainda uma ferramenta de ensino-aprendizagem (Gowin & Alvarez, 2005). A importância da sua utilização em contexto de sala de aula, especialmente no ensino das ciências, prende-se com a dificuldade que os alunos sentem em “relacionar, de forma autónoma, a informação que leem e ouvem com a informação que já possuem” (Soares, Borges, Abrantes, Magalhães, Lopes & Baptista, 2017, p. 387).

O V de Gowin estrutura-se “em quatro componentes: “domínio conceptual”, “questão-problema”, “domínio metodológico” e “acontecimentos/objetos”” (Soares et al., 2017, p. 388). Dada a sua forma em “v” (Figura 1), esta ferramenta permite uma separação espacial e visual do domínio conceptual, do lado esquerdo, e do domínio metodológico do lado direito, interligando-os pela questão-problema no centro do “V” que se relaciona diretamente com os procedimentos ou observações no vértice (Gowin & Alvarez, 2005).

A formulação da questão-problema estimula os alunos a refletir sobre a atividade (Novak & Gowin, 1984/1999) e o nível cognitivo em que ela se insere, bem como, a sua resposta na conclusão, indicam se os discentes alcançaram uma aprendizagem significativa. Independentemente do nível cognitivo da questão formulada, esta é sempre importante na mobilização de conhecimentos e, ao observar-se o conteúdo da conclusão à procura de resposta à questão formulada, pode assumir-se que “as conclusões [que] não apresentam resposta(s) à mesma [indicam que] a interação entre o lado esquerdo e direito do V de Gowin não se observa, o que evidencia falhas na mobilização do conhecimento” (Soares et al., 2017, p. 387).

Em contexto de sala de aula, o V de Gowin é uma “estratégia de operacionalização coerente e integrada dos processos de ensino, aprendizagem e investigação” (Soares et al., 2017, p. 404).

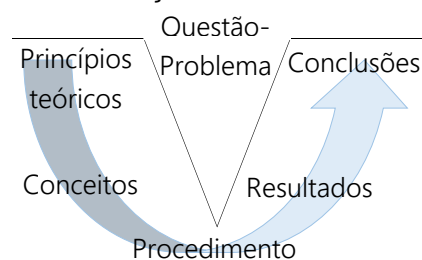


Figura 1 - Esquema simplificado do V de Gowin

2.1.6 Modelos

Modelos são “conjuntos de ideias que definem relacionamentos entre vários objetos e processos teóricos e concretos”¹¹ (Passmore, 2015, p. 659), ou seja, são “descrições interpretativas de um fenómeno, objeto ou processo que facilitam o acesso intelectual e a percepção desse fenómeno”¹² (Franco, 1999, como citado em Moutinho, Torres, Almeida, & Vasconcelos, 2013, p. 2431). No meio científico é frequente recorrer-se a diversos modelos, tanto em ambientes educativos, como ferramenta pedagógica, como em ambientes de investigação e produção de conhecimento científico. Neste contexto, os modelos “são considerados fundamentais na atividade científica, sendo não apenas produtos da ciência, mas também ferramentas e processos da ciência que visam explicar ou prever fenómenos-alvo”¹³ (Cheng & Lin 2015 como citado em Torres & Vasconcelos, 2016, p. 25).

De modo geral, Passmore (2015) define os modelos nas ciências, e a sua importância para o conhecimento científico, da seguinte forma:

“Os modelos são vistos por muitos como as unidades funcionais do pensamento científico. Eles permitem que o cientista raciocine sobre um fenómeno, representando e destacando aspetos que são relevantes para responder a perguntas sobre como e porquê o fenómeno funciona de determinada maneira”¹⁴ (p. 659).

Pela sua importância na ciência, com especial ênfase nas Ciências Naturais, “o currículo português (...) propõe o uso de modelos análogos nas aulas de Geologia e sugere vários modelos, como o modelo da estrutura interna da Terra” (Torres e Vasconcelos, 2013, p. 50) que será o exemplo apresentado mais à frente, na secção 3, metodologia.

O recurso a modelos, em contexto de sala de aula, cria condições para que os alunos construam o seu conhecimento sobre o tema em estudo pois, partindo de questões-

¹¹ Tradução livre da autora. No original “*Models – sets of ideas that define relationships among various theoretical and concrete objects and processes (...)*” (Passmore, 2015, p. 659).

¹² Tradução livre da autora. No original “*By definition, a model is an interpretative description of a phenomenon, object or process, which facilitates perceptual and intellectual access to that phenomenon* (Franco, 1999)” (como citado em Moutinho, Torres, Almeida, & Vasconcelos, 2013, p. 2431).

¹³ Tradução livre da autora. No original “*Scientific models are considered to be fundamental in scientific activity, being not only products of science but also tools and processes of science, which aim to explain or predict target phenomena* (Cheng and Lin 2015).” (Torres & Vasconcelos, 2016, p. 25).

¹⁴ Tradução livre da autora. No original “*Models are viewed by many as the functional units of scientific thought. They allow the scientist to reason about a phenomenon by representing and highlighting aspects of that phenomenon that are salient to answering questions about how and why the phenomenon works the way it does.*” (Passmore, 2015, p. 659).

problema, os discentes exploram o modelo em busca de respostas o que leva a um maior entendimento dos processos representados quando comparado com métodos de ensino-aprendizagem mais teóricos e expositivos (Passmore, 2015).

O nível de detalhe de um modelo depende diretamente do objetivo com que foi pensado (Passmore, 2015). Por exemplo, um modelo que se destine a ensinar a estrutura interna da Terra a alunos com idades compreendidas entre os 10 e 12 anos será, naturalmente, mais simples do que outro que se destine ao ensino do mesmo tema a alunos universitários.

“Uma concepção limitada relativamente à sua importância [dos modelos] em sala de aula” (Torres & Vasconcelos, 2013, p. 56) leva a que, por vezes, estes recursos não sejam plenamente explorados pelos professores. Além disso, “uma sala de aula baseada em modelos envolve uma mudança tanto na pedagogia como na organização dos conteúdos”¹⁵ (Passmore, 2015, p. 662), dado serem necessárias condições para que o aluno participe ativamente e, assim, realize uma aprendizagem significativa.

2.1.7 Tecnologias de Informação e Comunicação

Os recursos e estratégias anteriormente apresentados podem ser explorados numa versão física ou digital, sendo que cada forma terá vantagens e desvantagens em relação à outra. Não obstante, a digitalização é hoje uma realidade social para a qual os alunos que se encontram a frequentar a escolaridade obrigatória têm que ser preparados.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) há já algum tempo que têm tido um papel importante e central na educação. Considerando a sociedade atual, nem poderia ser de outra forma, visto estarmos a presenciar uma era de digitalização intensiva. “Portugal, embora se encontre na mediana europeia em matéria de competências digitais (...), precisa de reforçar as competências básicas em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)” (INCODE, 2017, p. 2) e a melhor forma de garantir cidadãos digitalmente competentes e literados, é trabalhar este campo desde os primeiros níveis de ensino.

A literacia digital encontra-se relacionada, em vários aspetos, com a literacia científica. Exemplos de competências associadas à primeira são “a capacidade de aceder aos meios digitais e às TIC, para compreender e avaliar criticamente conteúdos, bem como

¹⁵ Tradução livre da autora. No original “*Designing classrooms that are model based involves a shift both in pedagogy and in content organization.*” (Passmore, 2015, p. 662).

comunicar eficazmente” (INCODE, 2017, p. 4). Tal como a literacia científica, a literacia digital tem como objetivos o “desenvolvimento de capacidades de raciocínio lógico, de trabalho colaborativo e de projeto” (INCODE, 2017, p. 23) acrescentando a competência de programação, cuja implementação nos currículos se começa a verificar nos documentos mais recentes.

Desenvolver competências digitais implica que o professor prepare as aulas de forma a proporcionar aos alunos o contacto com diferentes tecnologias ou recursos digitais. São exemplos de tecnologias o quadro interativo ou até o próprio *smartphone* pessoal de muitos dos alunos, os recursos podem ser plataformas online, modelos virtuais, simulações, animações, jogos, videoconferências, a própria internet, etc... (Fernandes, Rodrigues, & Ferreira, 2019).

2.1.8 Avaliação

O alargamento dos objetivos da avaliação educacional, ao longo dos últimos anos, levou a que hoje se avaliem os sistemas educativos, as reformas, os currículos, as metodologias, as inovações e os seus efeitos sobre os alunos, a intervenção dos professores e a sua formação, as instituições educativas e, até mesmo, a qualidade do ensino. Esta avaliação, realiza-se, inevitavelmente, a partir de diferentes olhares e perspetivas que, naturalmente, conduzem a definições e práticas avaliativas muito distintas.

Segundo Méndez (2001), “todos falamos de avaliação, mas cada um conceptualiza e interpreta este termo com diferentes significados”¹⁶ (p. 11). Várias perspetivas contribuíram para uma fundamentação da avaliação, verificando-se que cada autor incide a sua atenção sobre um conjunto de características da avaliação, embora se destaque o predomínio de uma.

Se até à década de 1960 a avaliação estava centrada nas questões da objetividade e da subjetividade, mais recentemente têm-se focado na “função pedagógica, de ajuda, de reflexão, de tomada de decisão” (Barreira, Boavida & Araújo, 2006, p. 95), passando a dar importância a questões práticas relacionadas com a regulação e o aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem. “Deixa de ser considerada numa perspetiva final (...),

¹⁶ Tradução livre da autora. Do original “*Todos hablamos de evaluación, pero cada uno conceptualiza e interpreta este término con significados distintos*” (Méndez, 2001, p. 11).

preocupando-se com as tomadas de decisão respeitantes ao processo de aprendizagem do aluno e ao processo de ensino do professor.” (Barreira et al., 2006, p. 96).

A grande maioria dos especialistas em avaliação considera, dependendo do uso da informação recolhida, três tipos de avaliação: diagnóstica, formativa e sumativa.

A avaliação diagnóstica tem lugar no início de um ciclo de formação (Barreira et al., 2006) (ano letivo, período escolar e/ou unidade programática) e pretende verificar num primeiro momento, através de diversos instrumentos e técnicas de avaliação, se os alunos possuem os requisitos mínimos para iniciar ou acompanhar uma sequência de novas aprendizagens e, também, para diagnosticar possíveis dificuldades, tomando os dados recolhidos como referência para a planificação das atividades.

O conceito de avaliação formativa foi criado por Scriven, em 1967, mas apenas, em 1971, Bloom e os seus colaboradores chamaram “a atenção para a importância dos processos a desenvolver pelos docentes de forma a adequarem as suas práticas às dificuldades de aprendizagem detetadas nos alunos” (Barreira et al., 2006, p. 96). Esta avaliação tem uma função de regulação do processo de ensino-aprendizagem, procurando assegurar a adequação desse processo à realidade do aluno, da turma, do professor e dos recursos à sua disposição.

A avaliação formativa é realizada durante o ato de ensino e “tem por função fornecer um *feedback*, ao aluno e ao professor” (Barreira et al., 2006, p. 97), relativamente ao progresso do primeiro, “ao longo de uma unidade de ensino, no sentido de localizar as suas dificuldades de forma a possibilitar a seleção de técnicas alternativas de recuperação” (Barreira et al., 2006, p. 97) e “poderá ter lugar tantas vezes quantas o professor achar convenientes ao longo de uma unidade de aprendizagem” (Barreira et al., 2006, p. 97). Esta avaliação pode ser realizada através de procedimentos como a observação direta e repetida do trabalho em contexto de sala de aula e dos cadernos diários; da correção na aula de trabalhos realizados pelos alunos, individualmente ou em grupo; da organização de debates, discussões e exposições orais; da realização de fichas de compreensão da unidade de ensino, etc. É fundamental adaptar o procedimento à intenção com que é feita a recolha dos dados. Porém, a realidade do panorama de ensino atual nem sempre permite que estejam reunidas as condições necessárias para proceder a uma avaliação contínua, “tornando-se necessário selecionar momentos cruciais de controlo da aprendizagem, de maneira a que possa ser utilizada, pelo menos, uma avaliação «sistemática e relevante.»” (Ribeiro, 1989, como citado em Barreira et al., 2006, p. 97). Se, por um lado, os dados recolhidos possibilitarão adotar medidas tanto para o grupo-turma como para casos

individuais em contexto de superação de dificuldades; por outro lado, poderão fornecer também informações ao professor sobre o seu trabalho.

Léon (1977 citado por Barreira et al., 2006) considera fundamental que as informações recolhidas por esta modalidade de avaliação sejam “transmitidas a outros intervenientes na ação pedagógica: alunos e encarregados de educação” para que se possa aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem.

Esta modalidade de avaliação é reconhecida e validada “como fator necessário numa aprendizagem de sucesso” (Barreira et al., 2006, p. 110), uma vez que promove a motivação, a centralidade na prática docente, um espírito crítico sensível e construtivo, o reconhecimento de todo o esforço e aquisição de aprendizagens, a autoavaliação, a compreensão dos objetivos e critérios de avaliação e a consideração da(s) forma(s) como os alunos aprendem (Barreira et al., 2006).

A avaliação sumativa ou avaliação das aprendizagens, como é designada por alguns autores, ocorre após o desenvolvimento de uma ou mais unidades curriculares e, por isso, os objetos de avaliação são os resultados da aprendizagem dos alunos, ou seja, é “uma súmula do que os alunos sabem e são capazes de fazer num dado momento” (Fernandes, 2008, p. 358) “com base em critérios mais gerais [e] iguais para todos” (Fernandes, 2008, p. 360).

Se à avaliação formativa se costuma atribuir “as funções pedagógicas da avaliação (ajuda, diagnóstico, regulação, ...)” (Barreira et al., 2006, p. 99), à avaliação sumativa costuma-se “atribuir as funções sociais da avaliação (seleção, hierarquização, certificação)” (Barreira et al., 2006, p. 99). Ao ser realizada no fim do ciclo de formação, caracteriza-se essencialmente pela “função de regulação [e] visa adaptar as características dos alunos às exigências do sistema de ensino” (Barreira et al., 2006, p. 100).

A avaliação deve ser trabalhada conjugando todas as modalidades no mesmo objetivo: o sucesso escolar dos alunos. Por sua vez, isso implica que:

“o processo de avaliação (...) [seja tido como objeto] central da planificação docente, compreendendo não só o papel de cada sistema de ensino e avaliação, mas também o(s) formato(s) que o convívio/comunhão de ambos pode sugerir para a melhoria do ensino” (Barreira et al., 2006, p. 115).

Apesar de complexo, é possível utilizar testes e/ou de outros instrumentos ou técnicas avaliativas utilizadas no contexto de avaliações sumativas, para desenvolver tarefas de natureza formativa, nomeadamente, através dos seus resultados e do tipo e natureza do *feedback* prestado pelo professor.

Ao utilizar-se a avaliação dos alunos, após um conjunto de atividades de ensino ter ocorrido, recolhe-se informação para quantificar e para dar conhecimento da evolução do processo de ensino-aprendizagem aos diversos intervenientes educativos, fazendo um juízo global sobre o desempenho num conjunto de objetivos de aprendizagem. Esta modalidade permite fazer um balanço depois de um ciclo de formação e tomar medidas a médio e longo prazo.

“Relativamente às relações entre a avaliação formativa e a avaliação sumativa (...) é bom reiterar que (...) têm propósitos distintos, ocorrem em momentos distintos e têm uma inserção pedagógica distinta” (Fernandes, 2008, p. 364).

Nos últimos anos, o “debate sobre o currículo, em Portugal, centrou-se essencialmente na dicotomia “objetivos versus competências”” (Serra & Galvão, 2015, p. 256). Neste contexto, tendo vindo a verificar-se uma mudança de paradigma no ensino português, que se apresenta com um currículo cada vez mais focado nas competências e menos nos conteúdos.

Enquanto os testes, escritos ou orais, são uma boa ferramenta para aferir com relativa facilidade os níveis de conhecimento dos alunos em relação a determinada temática, os mesmos não se apresentam tão vantajosos na avaliação de competências e atitudes. Na verdade, “só podemos trabalhar e avaliar as competências que “vemos” e essas são dadas a ver através de uma ação ou comportamento do aluno” (Serra & Galvão, 2015, p265). As grelhas de observação de aulas são uma forma de registar essas ações e/ou comportamentos, pelo que representam uma ferramenta de avaliação cada vez mais importante no panorama curricular nacional e europeu.

2.2 Crescimento e renovação celular, Meiose e reprodução sexuada

“Tudo começa com uma única célula. A primeira célula divide-se em duas, e essas duas em quatro, e assim por diante. Após apenas 47 duplicações, você tem 10 mil trilhões de células no seu corpo que estão prestes a transformar-se num ser humano. E cada uma dessas células sabe exatamente o que terá de fazer (...) até ao seu último suspiro”.

Bryson (2003/2010, p. 325)

2.2.1 Ciclo celular

Os conteúdos científicos referidos de seguida estão intimamente relacionados com o ciclo celular, descrevendo partes, variações ou derivados deste. Consequentemente, para compreender esses mesmos conteúdos, é fundamental um conhecimento base sobre o ciclo celular.

O ciclo celular (Figura 2) garante a divisão das células e é composto por duas fases principais, a interfase, que corresponde a cerca de 90% da duração do ciclo, e a fase mitótica, onde se inclui a citocinese (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky & Reece, 2017).

Na interfase podem ser consideradas três subfases. Na primeira, G1, a célula cresce, na segunda, S, dá-se a replicação do material genético de modo a garantir que cada célula filha apresente um conjunto completo de cromossomas, e na terceira fase, G2, a célula continua a crescer. É na mitose que a células efetivamente entram em processo de divisão, podendo também ser consideradas quatro fases (profase, metafase, anafase e telofase) parcialmente paralelas à citocinese (Urry et al., 2017). As fases da mitose são análogas às da segunda divisão da meiose que serão exploradas mais adiante.

O ciclo celular possui mecanismos de controlo, *checkpoints* (identificados na Figura 2 com um semáforo), que garantem o normal funcionamento de todo o processo.

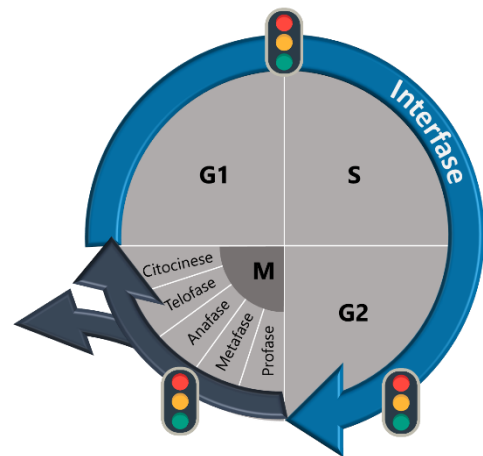


Figura 2 - Ciclo celular

2.2.2 Crescimento e renovação celular e diferenciação

As duas características fundamentais da vida são a capacidade de crescimento e a de reprodução. Ambas estão dependentes do processo de divisão celular e de tudo o que a ele está inerente. Nos organismos pluricelulares, a divisão celular está associada ao crescimento, substituição de células danificadas ou mortas, cicatrização e/ou regeneração após ferimentos e formação das células reprodutoras, os gametas (Enger, Ross & Bailey, 2012). A divisão celular, com exceção da formação dos gametas, dá-se geralmente por mitose, originando-se assim duas células geneticamente idênticas entre si e à célula-mãe que lhes deu origem. No caso excepcional dos gametas, a divisão designa-se por meiose e origina quatro células geneticamente distintas e distintas da célula que lhes deu origem.

O crescimento que advém de múltiplas divisões mitóticas, consiste no incremento do número de células de um organismo e consequente aumento da dimensão dos seus órgãos e do seu corpo. (Sadava, Hilles, Meller & Berenbaum, 2011).

Por outro lado, a mitose também é responsável pela renovação celular constante. Todas as células têm um limite de funcionamento a partir do qual perdem a capacidade de realizar as suas funções e acabam por morrer. Assim, é necessário que as células mortas sejam substituídas imediatamente por novas células funcionais. Esta fonte constante de novas células é assegurada pela divisão mitótica das células do respetivo tecido ou das suas células precursoras.

No geral, o desenvolvimento dá-se quando uma célula inicial sofre uma série de modificações e divisões sucessivas até formar o indivíduo completo, com todos os tipos de células, tecidos e órgãos. Para além do crescimento, o desenvolvimento do organismo depende também da determinação, ou seja, a ação que fixa o destino das células muito antes destas apresentarem qualquer característica específica de um determinado tipo celular; da morfogénese, que trata da distribuição espacial e organização das células nos tecidos e órgãos; e da diferenciação, que permite a obtenção de células tão distintas, em forma e função, como as que constituem o corpo humano, partindo de exatamente a mesma informação genética (Sadava et al., 2011).

Um dos processos mais complexos que acompanha o desenvolvimento do organismo é a diferenciação celular. Segundo o *Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology*, é através da diferenciação celular que “uma célula relativamente não especializada adquire características estruturais e/ou funcionais que caracterizam as células, tecidos ou órgãos do organismo adulto ou alguma outra fase relativamente estável

da história de vida do organismo”¹⁷. Ao longo deste procedimento, o destino das células torna-se progressivamente mais restrito, à medida que ocorre morfogénese e expressão génica diferencial.

A influência da morfogénese no destino da célula depende da interação desta com o meio que a rodeia, incluindo outras células ou fatores químicos por elas libertados. Isto faz com que, até um determinado ponto no desenvolvimento, a célula possa alterar o seu futuro consoante o ambiente que a rodeia (Sadava et al., 2011). A morfogénese parece ser um método de controlo combinatório em que a combinação de diversos fatores de transcrição vai induzir o destino da célula conforme a concentração de cada um dos fatores a que ela é exposta (Cox, Doudna & O’donnell, 2011/2012). Este explica o modo como no embrião se começam a originar diferentes tecidos ao longo de gradientes de diversos fatores de crescimento.

Após a atuação da morfogénese, as diferenças entre células devem-se à expressão génica diferencial. Esta baseia-se em três ideias centrais: (1) todas as células diferenciadas têm a mesma informação genética nos seus núcleos, contendo todo o genoma do indivíduo; (2) os genes que não são necessários à atividade de células específicas não são destruídos ou mutados, mantendo as condições para serem expressos caso seja necessário; e (3) apenas uma pequena parte do genoma é expresso em cada célula e o RNA a partir dele sintetizado é, em parte, específico para a atividade da célula em que se encontra (Gilbert, 2010).

As ideias que fundamentam a hipótese da expressão génica diferencial vieram contrariar o que era tomado como facto relativamente à diferenciação celular e à informação genética contida no núcleo de células altamente especializadas. Considerando as diferenças acentuadas observáveis entre células especializadas, tornava-se difícil imaginar que uma célula do fígado e um neurónio, por exemplo, pudessem conter exatamente a mesma molécula de DNA nos seus núcleos. Além disso, assumia-se que estes processos de determinação e diferenciação ocorriam apenas no embrião e que a partir desta fase do desenvolvimento apenas ocorria crescimento. Durante muito tempo, acreditou-se que, ao longo da diferenciação, as células perderiam genes seletivamente, permanecendo apenas com aqueles de que iriam necessitar para cumprir a sua função

¹⁷ Tradução livre da autora. Do original “[*differentiation is*] the process whereby relatively unspecialized cells, e.g. embryonic or regenerative cells, acquire specialized structural and/or functional features that characterize the cells, tissues, or organs of the mature organism or some other relatively stable phase of the organism’s life history.” (Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology, 2006, p. 183).

específica. Sabe-se, hoje, que quase todas as células contêm no seu núcleo o genoma completo do indivíduo (Alberts et al., 2015; Gilbert, 2010).

Existem genes ativos em todos os tipos celulares que codificam proteínas essenciais como, por exemplo, as que estão envolvidas na reparação ou tradução do DNA. Por outro lado, existem genes altamente específicos que apenas são expressos num único tipo celular, tomando como exemplo, os responsáveis pela hemoglobina, a proteína sintetizada exclusivamente pelos glóbulos vermelhos (Alberts et al., 2015).

A regulação dos genes que se expressam, ou não, em cada tipo de célula pode verificar-se em vários momentos, desde a transcrição do DNA até à formação das proteínas, podendo assim ser um controlo transcricional, um processamento seletivo do RNA nuclear, uma tradução seletiva do mRNA, um controlo por degradação seletiva de mRNA ou um controlo da atividade proteica da célula. Do ponto de vista energético, o controlo mais eficaz sucede ao nível da transcrição do DNA, dado que este garante que não são sintetizados componentes desnecessários que teriam que ser degradados logo de seguida, acarretando um gasto extra de energia à célula (Alberts et al., 2015; Gilbert, 2010).

A principal forma de regulação ao nível da transcrição do DNA parece ser através da substituição das citosinas na cadeia de DNA por 5-metilcitosinas, ou seja, citosinas com um grupo metil (CH_3) ligado ao carbono número 5 do anel aromático desta molécula (Gilbert, 2010). Esta metilação faz com que os genes fiquem inacessíveis ao impedir a ligação à região promotora e também ao influenciar a forma em que o DNA se apresenta. Este segundo exemplo permite compensar a existência de dois cromossomas X, nos mamíferos do sexo feminino, uma vez que o cromossoma que se apresenta metilado tem a sua cromatina sempre condensada, ou seja, é constituído por heterocromatina, o que torna os seus genes indisponíveis para transcrição (Gilbert, 2010).

2.2.3 Células estaminais

Num organismo adulto nem todas as células são especializadas. As células estaminais são um tipo celular muito particular, na medida em que não apresentam forma, nem função totalmente definida, podendo vir a originar células de diversos tipos. Estas células têm uma grande capacidade de auto-renovação (Urry et al., 2017). Assim, pode definir-se célula estaminal como sendo uma célula relativamente indiferenciada que, quando se divide, origina uma célula igualmente indiferenciada e uma célula que vai sofrer diferenciação (Gilbert, 2010). Esta divisão, onde se originam duas células diferentes, designa-se divisão assimétrica (Figura 3) e é responsável pelo potencial renovador das

células estaminais. No entanto, pode ocorrer uma divisão simétrica (Figura 4), originando-se duas células estaminais que se podem manter indiferenciadas ou pelo menos uma delas pode sofrer diferenciação posteriormente ao término da divisão por “indicação” do meio que a rodeia (Alberts et al., 2015, Gilbert, 2010).

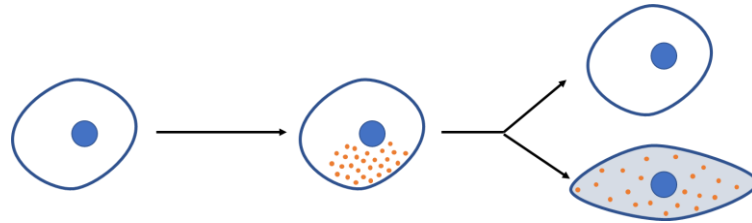


Figura 3 - Divisão assimétrica de células estaminais. A célula estaminal origina um clone seu e uma célula diferenciada, garantindo a auto-renovação das células estaminais do tecido. (Adaptado de Alberts, et al. 2015).

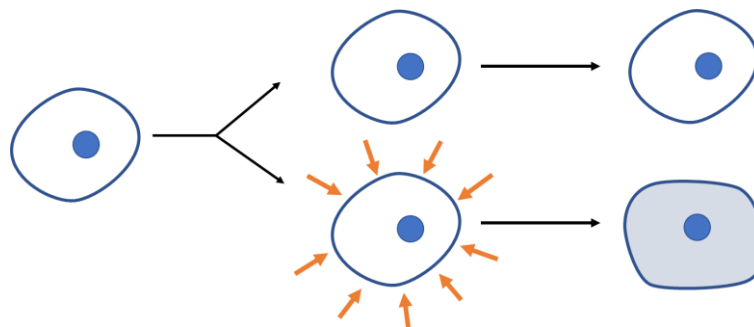


Figura 4 - Divisão simétrica de células estaminais. A célula estaminal origina duas novas células estaminais por divisão mitótica. Após a divisão as células podem permanecer ambas estaminais, podem ambas sofrer diferenciação ou pode apenas diferenciar-se uma delas por indicação do meio. (Adaptado de em Alberts, et al. 2015).

No organismo adulto, as células estaminais não estão, necessariamente, em constante divisão. Em alguns casos, podem dividir-se apenas em condições especiais em que seja necessário reparar o órgão do qual fazem parte, como é o caso das células estaminais do coração (Gilbert, 2010).

De acordo com a sua origem, as células estaminais podem dividir-se em dois grandes grupos, as células estaminais embrionárias (*embryonic stem cells* - ESC), que se podem isolar a partir do blastocisto e são capazes de originar um indivíduo completo apresentando um potencial virtualmente infinito de proliferação, e as células estaminais adultas (*adult stem cells* - ASC), ou células estaminais da linha somática, localizadas em órgãos maduros e capazes de reparar os tecidos desses órgãos substituindo células danificadas e com um potencial de auto-renovação mais restrito (Gilbert, 2010; Urry et al., 2017; Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

De acordo com o grau de determinação e diferenciação, ou seja, com o potencial que as células apresentam para se diferenciarem, podem ainda considerar-se várias

classes de células estaminais. As células totipotentes que são capazes de originar todas as células do embrião e dos anexos embrionários (caso do zigoto e das células resultantes das suas primeiras divisões). As células pluripotentes, que constituem o embrião, podem dar origem a todas as células que vão compor o organismo adulto. As células multipotentes que estão limitadas, pela determinação, a originar as células que compõem um tecido específico, geralmente determinado pelo local anatómico em que se inserem. Quando as células estaminais têm o seu destino totalmente definido para originarem um só tipo celular, designam-se por unipotentes, como as espermatogónias que, após diferenciação, se tornam espermatozoides, as células reprodutoras masculinas (Gilbert, 2010; Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

No organismo adulto existe um outro tipo particular de células estaminais com uma admirável capacidade de diferenciação, que são conhecidas por células estaminais mesenquimais (*mesenchymal stem cells* - MSC) ou células estaminais derivadas da medula óssea. A sua classificação quanto ao potencial de diferenciação em linhas celulares não mesenquimais é ainda bastante controversa. Este tipo de células é comumente recolhido a partir da medula óssea, sendo também encontrado no cordão umbilical e em alguns tecidos como o adiposo ou o fígado, entre outros (Gilbert, 2010; Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

Ao longo dos anos, tem sido realizada muita investigação em torno das células estaminais, em grande parte, pelo seu enorme potencial para aplicações médicas. O objetivo principal deste tipo de investigação é obter células estaminais capazes de originar órgãos perfeitamente compatíveis com os pacientes a que se destinam (Urry et al., 2017). Isto não pode ser feito com ASC pois, apesar de pouco diferenciadas, têm já um limite estipulado para os tipos celulares a que podem dar origem. A solução passaria por utilizar ESC, dada a sua pluripotencialidade. Contudo, como estas células apenas existem no embrião, a sua utilização é um tema, ética e politicamente, muito controverso (Urry et al., 2017).

As MSC são um dos focos da medicina nas questões de terapêutica. O interesse nestas células prende-se com o seu potencial para reparar e regenerar tecidos e é fortalecido pelas suas propriedades celulares. Além do processo de colheita destas células ser simples, elas também são não tumorais, não desencadeiam reações imunitárias no organismo, sendo capazes de migrar para outros tecidos e de secretar fatores de crescimento variados quando estimuladas, tornando-as capazes de dar origem a tipos celulares dos três folhetos embrionários (Sousa & Pinto-do-Ó, 2012). Nos dias de hoje

decorrem vários ensaios clínicos com estas células, apesar de ainda se desconhecer muito sobre elas e o seu funcionamento.

Desde 2007, a investigação tem-se focado também nas células estaminais pluripotentes induzidas (*induced pluripotent stem cells* - iPS). Estas células são obtidas com recurso à reprogramação de células totalmente diferenciadas, levando-as a adquirir novamente um estado de pluripotência que se consegue forçando a expressão de 4 fatores de transcrição ligados aos genes responsáveis pela regulação da atividade estaminal das células (Urry et al., 2017). Do ponto de vista da medicina estas células trazem enormes vantagens, uma vez que permitem obter órgãos a partir de células recolhidas do próprio paciente, garantindo assim a não rejeição do órgão transplantado. Sendo uma técnica promissora, poderá acabar com as questões éticas relativas à utilização de embriões e valeu ainda o prémio Nobel aos cientistas responsáveis pela sua descoberta (Solomon, Martin, Martin & Berg, 2015).

2.2.4 Regeneração

Certos animais, após um ferimento, conseguem voltar a crescer um órgão ou mesmo um membro completo. Esta capacidade designa-se por regeneração e está intimamente relacionada com a diferenciação celular e com as células estaminais. Em alguns tecidos, a regeneração ocorre por simples divisão mitótica das células existentes. No entanto, geralmente, é mais complexo dependendo de mecanismos de reparação dos tecidos e da reativação dos programas celulares embrionários, necessitando de células estaminais (Brocker, Widmaier, Graham & Stiling, 2018; Cammack, 2006).

A salamandra, por exemplo, é capaz de regenerar vários membros e órgãos. Estes anfíbios, após uma amputação, são capazes de reconstruir um membro completo, tendo sido utilizados como modelos para estudos de regeneração. Neste processo, começa por se formar um coágulo e de seguida uma monocamada de epiderme que, além de selar a ferida, vai ser essencial para a regeneração. As células abaixo desta região reentram no ciclo celular e sofrem desdiferenciação, perdendo as suas características de células especializadas por repressão da expressão dos genes específicos do seu tipo celular e pela promoção da expressão de outros genes que se encontravam inativos. Consequentemente, obtém-se uma massa de células indiferenciadas, o blastema, que se irão dividir e sofrer nova diferenciação celular, ao mesmo tempo que migram para os seus locais de destino para formar o novo membro (Brocker et al., 2018; Gilbert, 2010). As células do blastema parecem ter uma autonomia morfogenética considerável, mesmo quando são transplantadas para outra região do organismo, dando origem a células

características da sua região de proveniência, não sendo a sua diferenciação afetada pelo meio onde são colocadas (Brocker et al., 2018).

A desdiferenciação é muito comum nas plantas, mas não nos animais. Atualmente ainda existem algumas dúvidas sobre se as células do blastema são resultado da desdiferenciação ou da proliferação de células não diferenciadas (Lackie, 2013).

2.2.5 Cancro e mutações

A divisão celular é regulada pela própria célula de modo a evitar que possíveis erros ocorridos ao longo do ciclo celular venham a interferir com o normal funcionamento do organismo. Este controlo dá-se em três momentos específicos do ciclo celular denominados *checkpoints*. Os dois primeiros *checkpoints* são ao longo da interfase, no final da fase G1 e G2, respetivamente, e o último *checkpoint* verifica-se durante a mitose, entre a metafase e a anafase. Nestes momentos, a célula avalia a sua “saúde genética” recorrendo a proteínas que determinam se ocorreram erros durante o processo e, conseqüentemente, se a célula está em condições de prosseguir com a divisão (Enger et al., 2012).

As proteínas envolvidas nos *checkpoints* resultam da expressão de dois tipos de genes, os proto-oncogenes e os genes supressores de tumores. Os primeiros têm como função estimular a divisão celular enquanto os segundos têm uma função oposta. O avanço do ciclo celular é determinado pelo balanço entre a informação proveniente dos dois tipos de proteínas codificadas pelos genes anteriores (Enger et al., 2012).

Os proto-oncogenes podem tornar-se oncogenes quando a célula sofre mutações que impliquem a amplificação destes genes; ou a translocação para junto de promotores que mantenham o gene ativo permanentemente; ou ainda devido a mutações pontuais que impliquem a formação de proteínas hiperativas ou resistentes à degradação (Sadava et al., 2011; Urry et al., 2017).

No final da fase G1, o responsável pelo *checkpoint* é o gene *p53*, supressor de tumores, que avalia erros no DNA após a sua replicação. Se não forem identificados erros a proteína codificada pelo *p53* permite o avanço do ciclo celular. Por outro lado, se a proteína detetar que o DNA se encontra danificado, ativa outras proteínas responsáveis por reparar a molécula de DNA. Estas proteínas, por vezes, não são capazes de fazer todas as correções necessárias ao normal funcionamento dos genes presentes na molécula danificada. Neste caso, a proteína *p53* desencadeia a apoptose, a célula inicia

um processo de morte celular programada e autodestrói-se impedindo assim a propagação do erro (Enger et al., 2012).

Tal como o gene *p53*, existem outros genes responsáveis pelos controlos dos *checkpoints* seguintes que avaliam possíveis erros, tentam repará-los e se isso não for possível induzem a apoptose. Estes pontos de controlo não são infalíveis. O erro pode propagar-se, como acontece quando a mutação implica a alteração de um dos genes intervenientes no controlo, e o ciclo celular pode avançar sem que o erro seja detetado possibilitando a acumulação de mutações ao longo dos vários ciclos celulares e a perda total, por parte da célula, da capacidade de controlar este processo (Enger et al., 2012; Mader & Windelspecht, 2018).

A perda de controlo da divisão celular leva à formação descontrolada de novas células cujo conjunto toma o nome de tumor. Quando esta massa de células se fragmenta e algumas delas invadem outras regiões do organismo, ou seja, quando o tumor forma metástases, origina-se um cancro (Enger et al., 2012).

As células tumorais diferem das células ditas “normais” em vários aspetos. As características das células tumorais são: (1) a capacidade de se dividirem indefinidamente; (2) serem indiferenciadas; (3) pararem o ciclo celular (quando o param) em pontos aleatórios em vez do que acontece nas células normais, em que o ciclo é interrompido ou pausado nos *checkpoints*; e (4) terem capacidade de migrarem para outros locais no organismo (Enger et al., 2012; Urry et al., 2017).

Existem diversos tipos de cancros com variadas causas, mas a maioria deve-se à acumulação de mutações e perda do controlo da divisão celular anteriormente referidas. Estas mutações podem ser herdadas, quando ocorrem nas células da linha germinativa; podem ser provocadas por agentes ambientais, designados agentes carcinogénicos, como o fumo do tabaco que é inibidor do gene *p53*; das radiações ionizantes como o radão frequentemente detetado em zonas e habitações graníticas; da radiação ultravioleta emitida pelo Sol e pelas lâmpadas bronzeadoras encontradas nos solários; do álcool; da infeção por determinados vírus; e de vários compostos químicos que podem chegar ao nosso organismo pelas mais diversas vias (Enger et al., 2012; Mader & Windelspecht, 2018).

Apesar de se aceitar convencionalmente que o cancro é provocado pela acumulação de mutações e perda de controlo do ciclo celular, existem outras hipóteses para o surgimento de cancro compatíveis com a anterior. Os cancros não são todos iguais. Alguns parecem incluir vários tipos celulares, o que implica que a célula original apresentasse multipotencialidade. Isto, associado ao facto de ter sido identificada em

vários cancros uma pequena população de células com grande capacidade de autorrenovação e proliferação, em oposição às restantes células que compõem o tumor, deu origem à teoria das células estaminais do cancro (*cancer stem cells* - CaSC). A origem destas células é ainda pouco consensual, mas não invalida a possibilidade de serem originadas, em certos casos, em células adultas especializadas que, por acumulação de mutações, sofreram desdiferenciação (Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

O método de tratamento do cancro frequentemente utilizado é a remoção cirúrgica do tumor, no entanto, as tendências da investigação científica têm focado os tratamentos com base em epigenética, terapia génica e tratamentos químicos e moleculares direcionados à inibição da angiogénese (proliferação de vasos sanguíneos para a massa tumoral) ou à interrupção do ciclo celular (Enger et al., 2012; Mader & Windelspecht, 2018; Sadava et al., 2011).

2.2.6 Reprodução sexuada

As metilações que controlam a expressão génica ou as mutações que provocam o cancro podem ser passadas à descendência. A transmissão de características de uma geração para a seguinte designa-se hereditariedade e, é possibilitada pelos processos reprodutivos (reprodução assexuada ou reprodução sexuada) que permitem dar continuidade às espécies.

Na reprodução assexuada, os novos indivíduos são geneticamente iguais ao progenitor e, por isso, não há variabilidade genética entre gerações, enquanto na reprodução sexuada cada indivíduo apresenta um código genético único (Sadava et al., 2011), resultado da combinação aleatória do material genético de cada um dos progenitores.

O ciclo de vida de uma espécie consiste na sequência de fases, que contam a história reprodutiva de um organismo, desde a sua conceção até à produção de descendência (Urry et al., 2017). Nos organismos com reprodução sexuada, este ciclo é marcado por dois eventos principais: a meiose e a fecundação.

Dado que na fecundação há fusão dos gametas e cariogamia e que o número de cromossomas é característico de cada espécie, é necessária a existência de um acontecimento que permita uma redução do número de cromossomas de modo a compensar a fecundação. A função da meiose é garantir a manutenção do número de cromossomas da espécie e formar gametas, células que contêm metade do número normal de cromossomas da espécie (Ramalho-Santos, 2012).

2.2.7 Meiose

A meiose é um tipo particular de divisão celular essencial para a reprodução sexuada e responsável pela formação das células reprodutoras (Enger et al., 2012).

No final da meiose obtêm-se quatro células com metade do número normal de cromossomas da espécie, denominando-se por células haploides. Esta redução dá-se ao longo da divisão I da meiose, também designada por divisão reducional. Na divisão II, ou divisão equacional, dá-se a separação dos cromatídeos irmãos em que o número de cromossomas é mantido, mas a quantidade de DNA no núcleo é reduzida pela segunda vez (Figura 5).

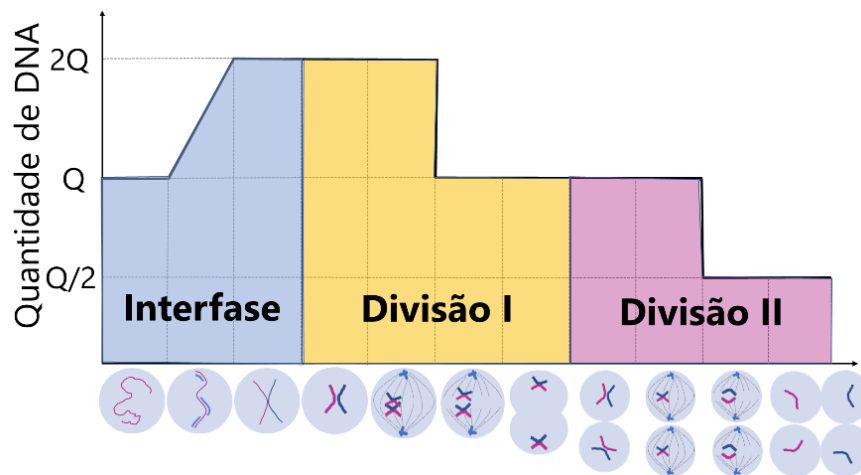


Figura 5 – Variação da quantidade de DNA, ao longo do tempo das divisões da meiose, onde se encontra esquematizada a estrutura e posição do material genético ao longo das fases (de notar que nas representações referentes à interfase foi feita uma simplificação optando-se por não se representar o núcleo). No entanto, nesta fase do ciclo celular, o DNA encontra-se dentro do núcleo da células cujo invólucro apenas se desorganiza no início da divisão I.

Tal como na mitose, antes de se iniciar a meiose propriamente dita, as células passam pela interfase, altura em que o DNA é duplicado (formam-se os cromatídeos irmãos) e obtém-se uma célula diploide com 46 cromossomas constituídos por dois cromatídeos cada.

2.2.7.1 Divisão I

A divisão I da meiose é constituída por 4 fases: profase I, metafase I, anafase I e telofase I. Na profase I dá-se a condensação dos cromossomas e a formação do fuso acromático, devido à migração dos centrossomas para os polos da célula e à polimerização dos túbulos do fuso que, já perto do fim da profase, se ligam aos centrómeros de cada

homólogo (Urry et al., 2017). Ocorre também a desorganização do invólucro nuclear e o alinhamento dos pares de homólogos, formando os bivalentes (ou tétradas), onde se estabelecem os pontos de quiasma. Nestes pontos estabelece-se uma ligação entre dois cromatídeos não irmãos de um bivalente, designada quiasma. Esta ligação, além de permitir a troca de segmentos entre cromossomas, é responsável por manter o bivalente, uma vez que neste ponto da profase o complexo que mantinha os homólogos juntos, o complexo sinaptonémico, já foi dissociado (Alberts, 2015).

A troca de segmentos equivalentes entre homólogos designa-se *crossing-over* (Figura 6). A sua ocorrência implica a quebra da cadeia dupla de DNA e posterior reparação (Enger et al., 2012; Ramalho-Santos, 2012). Este é um dos momentos chave para a variabilidade genética dos indivíduos, na medida em que permite a recombinação dos genes, resultando em cromossomas recombinantes. O *crossing-over* é altamente regulado de modo que cada par de homólogos apresenta sempre, pelo menos, um ponto de quiasma e não apresente mais do que dois a três. Além disso, os locais de quiasma, apesar de aleatórios, não se distribuem uniformemente, existindo “*hot spots*” onde o DNA se encontra mais facilmente acessível (Alberts et al., 2015).

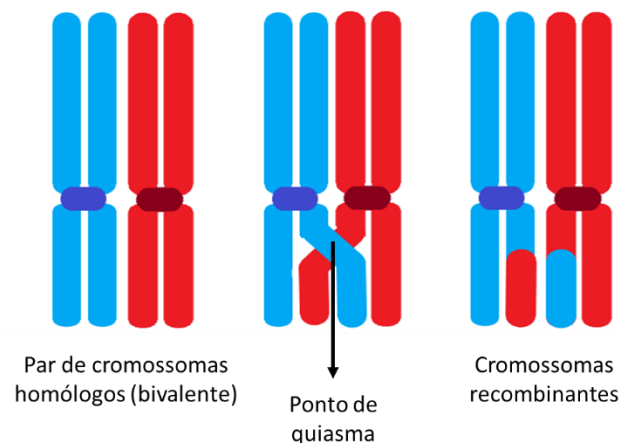


Figura 6 – Representação esquemática de um *crossing-over*. Os cromossomas homólogos encontram-se representados com diferentes cores de modo que um represente o cromossoma de origem materna e o outro de origem paterna.

No final da profase, os cromossomas homólogos, com ajuda dos microtúbulos, migram para o plano equatorial da célula onde se vão encontrar dispostos durante a metafase I. Nesta fase, os pontos de quiasma encontram-se no plano equatorial com cada um dos homólogos virado para um polo da célula (Urry et al., 2017).

Na anafase I verifica-se a quebra de proteínas relacionadas com a coesão dos cromatídeos e a separação aleatória dos bivalentes que começam a migrar para polos opostos da célula por encurtamento dos microtúbulos do fuso acromático. Apesar de algumas proteínas serem afetadas, a coesão ao nível do centrómero mantém-se, o que

obriga os cromatídeos a migrarem juntos. Esta separação aleatória dos cromossomas homólogos constituiu mais um dos momentos da meiose que contribuem fortemente para a variabilidade genética (Enger et al., 2012; Urry et al., 2017).

Na telofase I cada metade da célula tem já um conjunto haploide completo de cromossomas duplicados, ou seja, 23 cromossomas contendo dois cromatídeos cada. Nesta fase, há reorganização do invólucro nuclear, condensação dos cromossomas e desorganização do fuso acromático.

Após a telofase I, pode haver citocinese, que consiste na divisão do citoplasma, originando duas células filhas haploides perfeitamente individualizadas. Nas células animais, este processo dá-se por estrangulamento do citoplasma graças à progressiva contração de um anel contrátil de microfilamentos proteicos ao longo de um sulco de clivagem. Nas plantas, a citocinese não pode dar-se por estrangulamento do citoplasma devido à presença de uma parede celular rígida. Nestas células, a citocinese sucede através da fusão de várias vesículas que migram do complexo de Golgi para o plano equatorial da célula, produzindo uma placa celular que cresce até se fundir com a membrana plasmática. Ao mesmo tempo, forma-se uma nova parede celular entre as duas membranas a partir do conteúdo das vesículas (Urry et al., 2017).

Terminada a divisão I da meiose obtêm-se dois núcleos haploides que, após uma breve interfase, onde não há replicação do DNA, entram na divisão II da meiose.

2.2.7.2 Divisão II

A divisão II da meiose é análoga à mitose e ocorre em duplicado. As suas fases são muito semelhantes às da divisão I.

Na profase II há condensação dos cromossomas, ascensão dos centríolos aos polos da célula e formação do fuso acromático, desorganização do invólucro nuclear, ligação dos microtúbulos aos centrómeros e condução dos cromossomas em direção ao plano equatorial da célula.

Na metafase II, os cromossomas encontram-se dispostos na placa equatorial com os centríolos no plano equatorial. Como consequência do *crossing-over* ocorrido na divisão I, os cromatídeos não são geneticamente iguais, ao contrário do que acontece na mitose.

Na anafase II, os cromatídeos irmãos separam-se por desagregação das cohesinas - proteínas que formam o centrómero e mantêm unidos os dois cromatídeos (Urry et al.,

2017) - e migram para os polos da célula, indo cada cromátídeo irmão para um polo oposto ao do outro.

Na telofase II há formação dos novos invólucros nucleares, descondensação dos cromossomas e desorganização do fuso.

Após a citocinese obtêm-se quatro células filhas haploides, cujos cromossomas são constituídos por um só cromátídeo. Estas células são todas diferentes, uma vez que para além do *crossing-over* na divisão I, houve ainda uma separação aleatória dos cromátídeos na anafase II.

2.2.7.3 Erros e mutações

Ao longo do ciclo celular podem suceder erros em várias fases, quer ao nível da sequência de bases azotadas numa cadeia de DNA, quer ao nível do cromossoma. A estes erros dá-se o nome de mutações. As mutações podem ser génicas quando afetam a estrutura de um gene (ocorrendo geralmente aquando da replicação do material genético) ou cromossómicas quando afetam a forma ou o número dos cromossomas.

Alguns erros, como previamente referido, podem não ser detetados pelos mecanismos de controlo do ciclo celular originando-se, no final da divisão, células mutantes que, caso participem na fecundação, irão originar indivíduos portadores de mutações, que podem implicar deficiências ou desvantagens para os indivíduos.

As mutações cromossómicas, que impliquem alterações de forma dos cromossomas, ou seja, alterações estruturais, podem ser de quatro tipos: deleções, duplicações, inversões e translocações.

As deleções, verificam-se quando há perda de um segmento de um cromossoma. A porção perdida, geralmente, corresponde a uma extremidade, designando-se deleção terminal. Quando há perda de um segmento intermédio estamos perante uma deleção intersticial.

Em consequência da deleção das extremidades dos dois braços, o cromossoma pode adquirir uma forma circular por adesão dos topos devido à ausência de telómeros, designando-se por deleção em anel pela forma que o cromossoma adquire (Mader & Windelspecht, 2018; Malheiro & Porto, 2012). As deleções em anel, devido à sua instabilidade, levam frequentemente à perda do cromossoma resultando numa monossomia.

As deleções de grandes extensões de DNA resultam, por vezes, em mutações letais e, aquelas que são compatíveis com a vida provocam síndromes (Mader & Windelspecht, 2018; Malheiro & Porto, 2012).

As duplicações consistem na repetição de um segmento de DNA num cromossoma.

As inversões surgem por rotação de um segmento em 180° , em que a maioria não implica qualquer problema para o indivíduo, uma vez que a proteína que se vai formar vai ter a sua sequência perfeitamente correta. Este tipo de mutações pode eventualmente trazer complicações se durante a profase I houver *crossing-over* nesta porção, podendo trocar-se segmentos diferentes. As inversões podem classificar-se como paracêntricas ou pericêntricas, de acordo com a região do cromossoma onde ocorrem. Nas inversões paracêntricas, as duas quebras que delimitam o segmento que vai ser rodado dão-se no mesmo braço, não alterando a posição do centrómero nem a morfologia do cromossoma. Já as inversões pericêntricas implicam uma mudança na posição do centrómero e consequentemente na morfologia do cromossoma (Mader & Windelspecht, 2018; Malheiro & Porto, 2012).

As translocações correspondem a trocas de segmentos entre dois cromossomas e são as alterações mais frequentes na espécie humana. Associada a este tipo de mutação identifica-se, por exemplo, a leucemia mieloide crónica, resultado da troca de segmentos entre os cromossomas 22 e 9. As translocações podem ser recíprocas, quando consistem numa troca de material entre dois cromossomas não homólogos; e não recíprocas, quando um dos cromossomas envolvidos perde apenas a sequência terminal correspondente ao telómero; robertsonianas ou em tandem. As translocações robertsonianas são um tipo específico de translocações recíprocas onde há perda de braços completos e fusão de braços de cromossomas diferentes num novo cromossoma, levando a uma perda de informação genética que tem tanto mais impacto quanto maior a dimensão do(s) braço(s) perdidos. Por fim, as translocações em tandem são aquelas que sucedem entre dois cromossomas homólogos, podendo ser recíprocas, ou não, e resultando sempre em gâmetas portadores de deleções ou duplicações (Mader & Windelspecht, 2018; Malheiro & Porto, 2012).

Quando as alterações estruturais afetam um só cromossoma, são designadas alterações intracromossómicas, como a deleção, a inversão, a duplicação e o isocromossoma, um caso particular de deleção/duplicação em que o cromossoma é constituído por dois braços exatamente iguais em resultado da deleção de um braço e consequente duplicação do outro. As translocações, uma vez que implicam mais do que

um cromossoma, são designadas alterações estruturais intercromossómicas (Malheiro & Porto, 2012).

No decorrer da anafase I e II, podem verificar-se alterações ao nível do número de cromossomas. Quando estas alterações se dão durante a anafase I, devido à não disjunção dos homólogos, obtém-se dois conjuntos de cromossomas com um cromossoma a mais e dois com menos um cromossoma. Quando o erro se dá na anafase II, apenas metade das células filhas apresentam erros, obtendo-se assim dois gâmetas normais e dois com aneuploidias. Consoante a anafase em que o erro ocorre, o impacto nos gâmetas formados é variável.

Quando um gâmeta anormal participa na fecundação, forma-se um novo organismo portador de um número anormal de cromossomas no seu cariótipo, uma vez que a mitose vai propagar este erro durante toda a formação e crescimento do organismo. Quando o zigoto tem menos um cromossoma, diz-se que é monossómico e quando tem um cromossoma a mais diz-se trissómico (Urry et al., 2017).

Apesar dos exemplos mais comuns se referirem a deficiências ou doenças, as mutações não devem ser vistas como algo necessariamente negativo. As mutações constituem uma fonte relevante de variabilidade genética sendo um importante motor da evolução das espécies. Um bom exemplo de que as mutações podem trazer vantagens é a mutação génica responsável pela anemia falciforme que, geralmente, é vista como uma desvantagem. No entanto, esta doença apresenta-se como uma vantagem na resistência à malária.

2.2.8 Gametogénese

A gametogénese é um processo altamente especializado de divisão celular (meiose), em órgãos específicos de formação dos gâmetas, designados gónadas, sendo as gónadas masculinas os testículos e as femininas os ovários (Ramalho-Santos, 2012).

A gametogénese desenrola-se de forma diferente no sexo masculino e no sexo feminino dos mamíferos, levando a que também as células obtidas no final sejam diferentes. A gametogénese masculina, designa-se espermatogénese e os gâmetas espermatozoides, enquanto a feminina é a oogénese e os gâmetas são oócitos.

As células germinais primordiais migram para as gónadas durante o desenvolvimento embrionário. Nestes órgãos encontram-se células unipotentes que, posteriormente, por diferenciação originam os gâmetas. No caso masculino, estas células

unipotentes, designam-se por espermatogónias, e no feminino por oogónias (Ramalho-Santos, 2012). O potencial de multiplicação é diferente nos dois sexos, apesar de ambas serem células estaminais. As espermatogónias têm a capacidade de se renovar durante toda a vida do indivíduo e as oogónias apenas se renovam nos primeiros meses de gestação não estando presentes no estado adulto, motivo pelo qual os indivíduos do sexo feminino apresentam um número limitado de gâmetas e um limite da atividade reprodutora (Ramalho-Santos, 2012; Solomon et al., 2015). Isto explica também o porquê de na investigação a utilização de células reprodutoras femininas levantar mais questões éticas do que a utilização de espermatozoides.

2.2.8.1 Espermatogénese

A espermatogénese inicia-se na puberdade de modo contínuo e, a partir dessa fase de desenvolvimento até praticamente ao fim da vida do indivíduo, sem que haja um fim bem definido (Mader & Windelspecht, 2018; Ramalho-Santos, 2012).

A espermatogénese ocorre no epitélio que reveste internamente os túbulos seminíferos. Durante as divisões e a diferenciação, as células movem-se no sentido do lúmen do túbulo, podendo ser consideradas 4 fases, a multiplicação, crescimento, maturação e diferenciação.

Na fase de multiplicação, as espermatogónias dividem-se por mitoses assimétricas. Uma parte destas células continuam a dividir-se por mitose, processo designado espermatogoniogénese, enquanto outra parte avança para a fase de crescimento (entra em interfase), originando espermatócitos I (células que contêm elevadas quantidades de substâncias de reserva). Por sua vez, no espermatócito I, inicia-se a divisão I da meiose (fase de maturação), dando origem a dois espermatócitos II, as primeiras células haploides. De seguida, cada espermatócito II entra na segunda divisão da meiose, obtendo-se no final 4 células haploides ainda unidas por pontes citoplasmáticas, os espermatídeos redondos. Por fim, os espermatídeos migram para o lúmen dos túbulos seminíferos onde começa a diferenciação celular pós-meiótica, a espermiogénese, e adquirem no final a forma característica dos espermatozoides (Mader & Windelspecht, 2018; Ramalho-Santos, 2012; Solomon et al., 2015; Urry et al., 2017).

Um espermatozoide é assim uma célula pequena, fina e móvel, constituída por uma cabeça, uma peça intermédia e uma cauda e que apresenta uma quantidade diminuta de citoplasma e de organelos celulares (Ramalho-Santos, 2012). Esta forma aerodinâmica permite-lhe movimentar-se melhor até ao oócito.

Na cabeça do espermatozoide encontra-se o núcleo que contém o material genético num estado condensado e onde as histonas foram substituídas por outras proteínas, designadas protaminas que permitem um maior empacotamento do DNA reduzindo a necessidade de espaço. A revestir o núcleo existe uma vesícula de grandes dimensões, chamada acrossoma, que contém enzimas essenciais para a fecundação. Na zona posterior da cabeça localiza-se um centríolo que vai ser o componente responsável por originar o centróssoma após a fecundação (Ramalho-Santos, 2007, 2012).

Na peça intermédia encontram-se as mitocôndrias, organizadas em hélice e protegidas por uma cápsula proteica, que vão garantir a produção de energia necessária para que o espermatozoide se desloque. Após a entrada no oócito, estas duas porções do espermatozoide são destruídas no citoplasma do gameta feminino, o que faz com que o novo indivíduo apenas herde mitocôndrias de origem materna (Ramalho-Santos, 2012).

2.2.8.2 Oogénese

A oogénese, tal como a espermatogénese, inicia-se pela fase de multiplicação, ou seja, pela divisão mitótica das oogónias. No entanto, no caso feminino, após esta divisão as células ficam logo comprometidas com a meiose (Ramalho-Santos, 2012). Isto desenrola-se ao longo do segundo e terceiros meses do desenvolvimento embrionário, verificando-se a migração das oogónias para os ovários onde aumentam de tamanho e se dividem múltiplas vezes por mitose.

Na fase de crescimento, as oogónias aumentam de tamanho por síntese e acumulação de reservas, originando-se no final oócitos I. Ainda durante o desenvolvimento intrauterino, os oócitos I iniciam a divisão meiótica, ficando este processo bloqueado em profase I até que o indivíduo atinja a maturidade sexual e a meiose recomeça ciclicamente.

Em cada ciclo ovárico, alguns oócitos reentram na meiose prosseguindo com a sua maturação. Aqui volta a existir uma acentuada diferença em relação à espermatogénese. Durante a metafase I, o fuso acromático não se localiza, como habitualmente, no meio da célula, mas sim num extremo desta, resultando da divisão duas células muito distintas em que uma delas, o glóbulo polar, é praticamente desprovida de citoplasma e que vai posteriormente ser degenerado.

O oócito II inicia a divisão II da meiose que será bloqueada na metafase II, sendo o oócito libertado nesta fase. Dos vários oócitos maturados num ciclo, apenas um deles é libertado enquanto os restantes degeneram. À semelhança da metafase I, também na

divisão II o fuso acromático se encontra num extremo da célula, pelo que se irá formar um segundo glóbulo polar.

Da oogénese resulta então uma célula grande e imóvel, o oócito II, que se encontra bloqueada na divisão II da meiose e que apenas a concluirá caso seja fecundada.

O oócito apresenta, externamente à sua membrana celular, uma camada glicoproteica designada zona pelúcida cuja função é proteger o gâmeta feminino e reconhecer o espermatozoide (Ramalho-Santos, 2012).

2.2.9 Fecundação

“A fecundação é o processo pelo qual dois gâmetas se fundem para criar um novo indivíduo com potenciais genéticos derivados dos dois progenitores. A fecundação, portanto, realiza duas atividades separadas: o sexo, ou seja, a combinação de genes derivados dos dois pais e a reprodução (criação de novos organismos)”¹⁸ (Gilbert, 2010, p. 217).

A série de acontecimentos que compõem a fecundação prende-se com a necessidade de haver um contacto e reconhecimento entre o espermatozoide e o oócito. Após este contacto tem que haver regulação da entrada do gâmeta masculino no gâmeta feminino de modo a impedir a fertilização por mais do que um espermatozoide. Após a entrada do espermatozoide ocorre cariogamia e, por fim, há ativação do metabolismo do oócito para que comece o desenvolvimento embrionário do novo indivíduo (Gilbert, 2010).

A fecundação consiste assim na fusão de um espermatozoide e de um oócito que se verifica, geralmente, nas trompas de Falópio próximo ao ovário (fertilização interna), originando uma célula chamada zigoto (Sousa, 2012).

Para que possa haver fecundação, os espermatozoides têm que sofrer primeiro a capacitação na cavidade uterina, demorando, no Homem, cerca de 7 horas. A membrana que reveste os espermatozoides, ao entrar em contacto com as células epiteliais da mucosa uterina, sofre uma alteração que faz com que a sua superfície se torne mais deslizante e induz uma hiperatividade flagelar que facilita a sua deslocação. Esta interação

¹⁸ Tradução livre da autora. Do original “*Fertilization is the process whereby the gametes—sperm and egg—fuse together to begin the creation of a new organism. fertilization accomplishes two separate ends: sex (the combining of genes derived from two parents) and reproduction (the generation of a new organism).*” (Gilbert, 2010, p. 217)

leva à remoção da camada glicoproteica que reveste a zona do acrossoma e o espermatozoide encontra-se assim capacitado e em condições de fecundar o oócito.

Durante o seu percurso no trato reprodutivo feminino, o espermatozoide poderá encontrar um oócito, geralmente na zona distal do oviduto. Nesse momento, a interação entre os gametas decorre da atração química do espermatozoide ao oócito por moléculas que o segundo secreta; da exocitose das enzimas presentes no acrossoma do espermatozoide que vão abrir caminho pela membrana do oócito; da ligação e posterior passagem do espermatozoide através da matriz extracelular do oócito e da fusão das membranas das duas células.

Quando os gametas se encontram, o gradiente químico produzido pelas células foliculares que rodeiam o oócito ajuda a direcionar o gameta masculino. Neste momento dá-se a penetração da corona radiada (conjunto das camadas de células foliculares que rodeiam o oócito) por um espermatozoide que esteja capacitado. Esta penetração sucede em parte de forma mecânica, graças ao movimento hiperativo do espermatozoide, e ao mesmo tempo de forma química (Gilbert, 2010; Sadler, 2015; Sousa, 2012).

De seguida, dá-se a penetração da zona pelúcida, uma matriz glicoproteica que rodeia o oócito e que medeia a ligação específica de espécie entre os gametas, para além de induzir a reação acrossómica no espermatozoide. Esta reação acrossómica depende da exocitose da vesícula acrossómica, levando à libertação de enzimas hidrolíticas que vão permitir aos espermatozoides alcançarem a membrana citoplasmática do oócito. Assim que a cabeça de um espermatozoide entrar em contacto com a superfície do oócito, a permeabilidade da zona pelúcida é alterada, libertando-se lisozimas que impedem a penetração por outros espermatozoides, e ocorre a fusão das membranas citoplasmáticas dos dois gametas (Sadler, 2015; Sousa, 2012).

Em consequência da interação entre os componentes das membranas dos dois gametas, inicia-se a ativação do zigoto. O óvulo fecundado reage despolarizando o seu potencial da membrana, alterando a zona pelúcida composicional e estruturalmente tornando o oócito impenetrável evitando situações de polispermia. Assim, retoma-se e conclui-se a divisão II da meiose do gameta feminino e há o restauro do número de cromossomas típico da espécie e a determinação do sexo do novo indivíduo (Moore, Persaud, & Torchia, 2013; Sadler, 2015; Sousa, 2012).

O zigoto assim formado, inicia um conjunto de sucessivas divisões mitóticas que originam o embrião e, mais tarde, por desenvolvimento embrionário um novo indivíduo que irá desenvolver-se e crescer até estar apto a reproduzir-se e iniciar novamente o ciclo.

2.2.10 Clonagem

A clonagem é um processo em que se obtém um ou mais organismos geneticamente idênticos entre si e ao organismo dador da célula original, designados de clones (Urray et al., 2017). A clonagem pode ser reprodutiva ou terapêutica consoante o fim a que se destina e está intimamente relacionada com as células estaminais e com a diferenciação celular.

As primeiras tentativas de clonar um organismo completo decorreram há mais de 50 anos. Destas tentativas, a mais conhecida é a que resultou no nascimento da ovelha Dolly, em 1997, por ter sido a primeira clonagem bem-sucedida de um mamífero. Anteriormente já se tinham clonado várias plantas e outros animais. A clonagem de plantas é simples contrariamente à clonagem de animais, o que levou ao desenvolvimento de outras tecnologias (Urray et al., 2017).

A principal técnica utilizada em clonagem, e pela qual se obteve a ovelha Dolly, é a transferência nuclear de células somáticas (*somatic cell nuclear transfer* - SCNT) que consiste na remoção do núcleo de uma célula somática e inserção num oócito cujo núcleo foi previamente removido. Após a inserção do núcleo no oócito, o primeiro sofre uma reprogramação que permite à célula dividir-se originando um embrião cuja informação genética nuclear é igual à da célula somática, mas o DNA mitocondrial é igual ao do oócito enucleado (Urray et al., 2017; Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

Na clonagem reprodutiva, o embrião obtido terá que ser implementado num útero para que se desenvolva até completar a gestação e assim se obter um novo indivíduo geneticamente idêntico ao dador da célula somática. A clonagem terapêutica tem como objetivo obter ESC, *in vitro*, o que se realiza a partir do blastocisto e permite a criação de linhagens celulares, tecidos e órgãos garantidamente compatíveis com o dador, podendo ser utilizadas para transplante (Sousa & Pinto-do-Ó, 2012).

2.3 Bioética

A investigação relativa às células estaminais, diferenciação celular e reprodução trouxe conhecimentos biológicos de grande importância, não só para a biologia, mas também para várias áreas da medicina. Não obstante, as aplicações destes conhecimentos levantam frequentemente questões éticas complexas.

Com o objetivo de pensar e discutir as implicações de certos procedimentos médicos e/ou de investigação ligados à biologia, surgiu uma área especializada da ética,

designada bioética. Assim, a bioética define-se como sendo a reflexão dos impactos da ação humana sobre a vida e tem como base os princípios que definem a sua componente ética, ou seja, considera a fundamentação das ações do Homem e o seu resultado exprimindo a necessidade de estabelecer regras do ponto de vista legal e de construir uma consciência ética coletiva esclarecida (Neves, 2016; Neves & Osswald, 2014).

De uma forma simplificada, Neves (2016) descreve a bioética como sendo “a consciência dos seus riscos potenciais [do progresso científico] que contribuirá para os prevenir” (p. 12).

A bioética surgiu por “problemas humanos concretos, (...) cridos pela aplicação dos progressos biotecnológicos (...) que exigiram novas e adequadas formas de agir que resolvessem satisfatoriamente os problemas criados” (Neves, 2016, p. 32). Estes problemas prendiam-se com quatro temáticas intimamente relacionadas com a evolução da medicina, sendo elas a experimentação em humanos, o consentimento informado, a transplantação de órgãos e a fertilização *in vitro* (Neves, 2016).

Dos temas que estiveram na origem da bioética derivaram muitos outros, alguns dos quais continuam atualmente a ser motivo de grande discussão e reflexão. Um bom exemplo é a clonagem de mamíferos. Aquando da clonagem da ovelha Dolly imediatamente se iniciou uma discussão ética sobre o tema clonagem. As principais questões levantadas prendiam-se com a natureza ético-legal do clone e com as expectativas indevidas nele depositadas em reflexo do indivíduo que doou a célula clonada (Ramalho-Santos, 2014).

Relativamente às células estaminais, as discussões bioéticas focaram-se no estatuto do embrião humano (Ramalho-Santos, 2014) que é por si só um tópico de discussão complexo. Para alguns, um embrião em fase inicial não passa de um simples aglomerado de células destituída de dignidade e direitos, de modo que é perfeitamente aceitável utilizá-lo para qualquer fim de cariz científico. Num plano oposto a esta visão, há quem defenda que o embrião representa o início de uma nova vida humana e que, por isso, tem direito ao respeito absoluto, para além de ser um ser frágil que não se pode defender. Com uma ideologia entre as duas anteriores acredita-se que o embrião, considerando as suas potencialidades, merece um certo nível de respeito. Neste caso, os interesses da grávida, da ciência ou da sociedade sobrepõem-se aos diminutos interesses do embrião, apesar deste não ser totalmente desprezado (Neves & Osswald, 2014).

Apesar de não haver consenso sobre o estatuto ético do embrião e de este variar consoante o contexto cultural e religioso de cada país e/ou região, no ocidente a discussão fixou-se sobretudo no paradigma católico que considera que o embrião apresenta um

estatuto igual ao de qualquer ser humano (Walters & Cole-Turner, 2003 como citado em Ramalho-Santos, 2014), o que dificultou imenso a evolução desta área científica. Por outro lado, esta dificuldade levou a que os cientistas procurassem formas alternativas de obter células estaminais, algumas mais credíveis que outras. Ainda assim estes esforços culminaram na descoberta das promissoras iPS (Ramalho-Santos, 2014)

Também a procriação medicamente assistida (PMA) é alvo de muitas preocupações por parte da bioética. Nesta temática são imensas as questões éticas que se levantam, mas irei focar apenas a questão do destino a dar aos embriões excedentários. As técnicas de fertilização *in vitro*, normalmente, originam um número de embriões viáveis superior aos que podem efetivamente ser implantados no útero da mulher, resultando na morte de cerca de 40 a 50% dos embriões formados. Apesar de se poder criopreservar estes embriões, caso a técnica tenha sucesso numa primeira tentativa, estes embriões não serão mais necessários para o casal em questão, ficando disponíveis para utilização noutra casal (adoção intra-uterina), para estudos científicos e posterior destruição ou podem simplesmente ser destruídos. Todos estes destinos, com especial ênfase nos dois últimos, são insatisfatórios e levantam questões complexas para as quais a melhor solução parece ser evitar-se a produção destes embriões excedentários, o que nem sempre é possível (Neves & Osswald, 2014).

“No âmago da relação entre ciência e ética, não só a investigação científica prossegue, mas pode desenvolver-se por vias inesperadas e fecundas devido às objeções éticas formuladas às metodologias iniciais” (Neves, 2016, p. 24). Dada a forte ligação desta temática com as questões de cidadania, é difícil negar o direito à participação nestas discussões a qualquer cidadão interessado, pelo que, é da máxima importância a sensibilização e educação das populações para as discussões do foro bioético que se levantam na sociedade atual, evitando que essas discussões caiam em discursos pouco fundamentados, ociosos ou sensacionalistas (Ramalho-Santos, 2014).

2.4 Estrutura Interna da Terra

“Perfurar a partir de um navio em mar alto é «como tentar fazer um buraco nos passeios de Nova Iorque a partir do cimo do *Empire State Building*, usando um fio de esparguete».”

Bryson (2003/2010, p. 325)

2.4.1 Contextualização histórica

Até ao final do século XIX pouco se sabia sobre o interior do planeta Terra, além do facto de, necessariamente, apresentar altas temperaturas capazes de originar lava (Van der Pluijm & Marshak, 2004). No entanto, desde a antiguidade que muitos curiosos se questionavam e especulavam sobre a matéria. Na mitologia Maia, existia a crença de um mundo gelado no interior da Terra, governado pelo Deus da Morte. Também nas culturas Incas se acreditava num mundo existente no subsolo (Barnes-Svarney & Svarney, 2004).

Na Roma e Grécia antigas acreditava-se que o Universo se dividia em duas partes, os céus para cima e os domínios de Hades para baixo. Este personagem, tão ou mais temido que o próprio Zeus, era o deus grego do mundo inferior e dos mortos. A mitologia criada em seu redor comungava com crenças e superstições relacionadas com o culto dos mortos, influenciando também o raciocínio e ideias filosóficas de muitos pensadores da Antiguidade Clássica, na demanda pelo conhecimento do Mundo que se sabia até então. Nesta linha de pensamento, o céu era transparente e cheio de luz, enquanto o interior da Terra era escuro e opaco ao olho humano. As erupções vulcânicas e sismos resultavam de acontecimentos terríveis que perturbavam o interior do planeta (Grotzinger & Jordan, 2014; Marshak, 2013).

As concepções do interior da Terra existentes na Idade Média, baseadas no pensamento clássico greco-romano, sobretudo no aristotélico, apresentavam ideias e crenças erróneas, às quais se juntou todo um folclore de desígnios e visões fantásticas sobre o Inferno, próprias do Cristianismo.

Em meados do séc. XVII, encontram-se na obra *Mundus Subterraneus* do jesuíta Athanasius Kircher (1601-1680), publicada em 1655, ilustrações do globo terrestre apresentando canais que ligam as crateras vulcânicas a uma zona interior ocupada por fogo (Figura 7), fazendo assim referência às crenças medievais (Fiolhais & Marçal, 2017).

Mais tarde, nos séculos XVIII e inícios de XIX, muitos dos pensadores do iluminismo e enciclopedismo europeu, com destaque para o Conde de Buffon (1707-1788),

acreditavam que a Terra era composta por um conjunto de cavernas preenchidas por rocha fundida, água e ar. Esta era a “teoria da Terra Oca” que contemplava a hipótese da existência de outras civilizações no interior dessas grandes cavernas (Barnes-Svarney & Svarney, 2004), como se pode ler na obra de ficção científica “Viagem ao centro da Terra” de Júlio Verne (1828-1905). Além das obras de ficção científica, existiam alguns “pseudocientistas” da época que defendiam esta hipótese, sem qualquer fundamentação científica para as suas crenças (Fiolhais & Marçal, 2017).

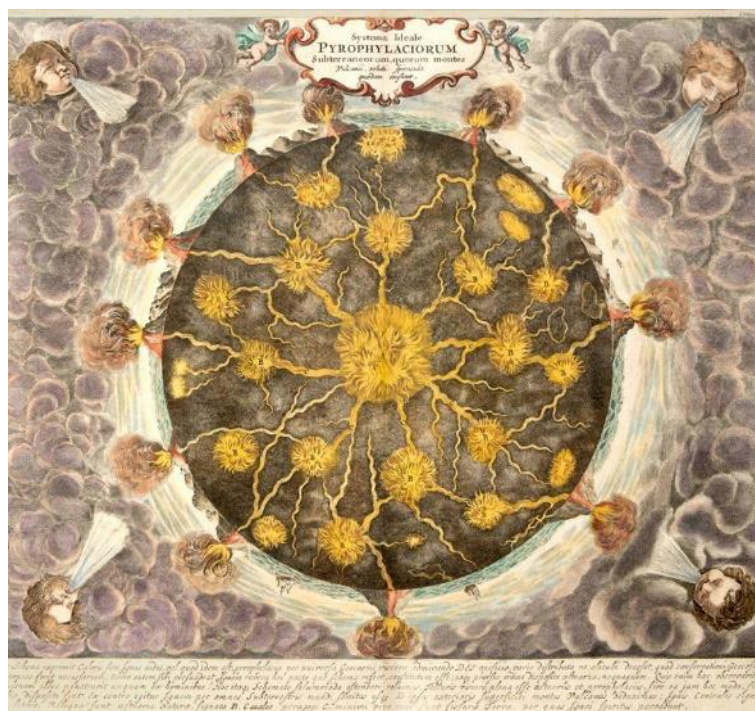


Figura 7 - *Mundus Subterraneus* na obra de Athanasius Kircher. Retirada de <https://twitter.com/mrewanmorrison/status/1087749327236272128>

Outra visão da Terra como um planeta oco era a de que a Humanidade habitaria na superfície interior do globo. Esta visão, dos séc. XVIII e inícios do XIX, ficou conhecida como a “Teoria da Terra invertida” e enunciava que a superfície terrestre era côncava, e não convexa, sendo que, em vez de uma força gravítica, estaríamos sob o efeito de uma força centrípeta, provocada pelo movimento de rotação do planeta. De acordo com esta crença, as estrelas não passariam de pedaços de gelo no ar e a sucessão dos dias e das noites dever-se-ia à existência de um sol central com uma face luminosa e outra face escura (Fiolhais & Marçal, 2017).

No final do século XIX, com o cálculo da densidade média do planeta a partir de dados de gravimetria, concluiu-se que a Terra apresentava uma densidade muito superior à densidade das rochas que constituem a crosta, o que só poderia significar a presença de

materiais de maior densidade no interior do planeta, logo excluindo a possibilidade do planeta ser oco (Van der Plujim & Marshak, 2004).

No século XX, graças aos dados recolhidos com recurso a um vasto conjunto de técnicas e ferramentas, os cientistas foram capazes de formular modelos que explicariam a estrutura interna da Terra como hoje se postula que ela seja (Van der Plujim & Marshak, 2004). Atualmente, são aceites dois modelos: o modelo geoquímico, no qual se subdivide a geosfera em crosta, manto e núcleo; e o modelo geofísico, no qual a Terra é compartimentada em litosfera, astenosfera, mesosfera, endosfera externa e endosfera interna. Para compreender estes modelos é necessário entender primeiro que, para os formular, foram necessárias várias décadas de estudos científicos interdisciplinares, acompanhados por uma notável evolução tecnológica e recorrendo aos mais variados métodos.

2.4.2 Métodos de estudo do interior da Terra

Os métodos utilizados no estudo dos materiais rochosos que compõem o interior do planeta podem ser classificados em diretos e indiretos. Os métodos diretos permitem um estudo direto de materiais provenientes do interior da geosfera, enquanto os métodos indiretos se baseiam em cálculos e análises computacionais de dados geofísicos, ou ainda, no estudo comparativo de corpos celestes. De seguida, ir-se-á explorar de que forma cada um dos métodos apresentados na Tabela 1 contribui para o conhecimento que temos hoje sobre o interior da geosfera.

Tabela 1 – Principais métodos de estudo da estrutura interna da Terra.

Métodos diretos	Métodos indiretos	
Afloramentos	Densidade	Condutividade elétrica
Explorações mineiras	Gravimetria	Isostasia
Sondagens e perfurações	Geomagnetismo	Gradiente geotérmico
Vulcanismo	Sismologia	Astrogeologia
	Modelos matemáticos	

2.4.3 Métodos diretos

Os geólogos apenas são capazes de recolher amostras geológicas próximo da superfície terrestre, motivo pelo qual os métodos diretos de estudo do interior da Terra apresentam várias limitações, apesar de serem, aparentemente, mais simples.

2.4.3.1 Afloramentos

O método direto mais simples é a observação de afloramentos rochosos como exemplificado na Figura 8. Estes permitem analisar rochas que se formaram no interior da crosta e, assim, fazer inferências sobre as condições químicas e físicas do seu local de origem. Por exemplo, nas cadeias montanhosas mais antigas, a combinação de falhas, dobras, isostasia e erosão deixaram expostos materiais de origem crustal profunda, podendo existir em algumas montanhas materiais que já estiveram na base da crosta continental a cerca de 20 a 50 km de profundidade. A prova da origem telúrica destas rochas advém da presença de minerais de pressões muito elevadas (Van der Pluijm & Marshak, 2004).



Figura 8 - Afloramento de estratos verticalizados do Jurássico Inferior, expostos na praia de S. Pedro de Moel, Leiria, Portugal [foto da autora].

Outro exemplo de materiais que podem ser estudados em afloramentos de grandes cadeias orogénicas são os ofiólitos. Estes resultam de blocos estruturais de crosta oceânica que ficaram tectonicamente agarrados à crosta continental com a qual se encontravam a colidir, ficando, posteriormente, expostos devido a soerguimento, ajuste isostático e afloramento daquela porção de crosta (Plummer, Carlson & Hammersley, 2016, Van der Pluijm & Marshak, 2004).

2.4.3.2 Explorações mineiras

As explorações mineiras são escavações feitas pelo Homem com o intuito de retirar matérias-primas de natureza lítica ou mineral do interior da crosta, que sejam economicamente rentáveis. As explorações em galeria mais profundas penetram, aproximadamente, até 4 km de profundidade; por outro lado, os poços de extração de petróleo mais profundos atingem, no máximo, 8 km de profundidade, permitindo, assim, conhecer apenas os primeiros quilómetros de crosta (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016).

2.4.3.3 Sondagens e perfurações

Devido à enorme lacuna no conhecimento direto do interior do planeta, mas focados, também, na ideia de que conhecendo as rochas e estruturas do interior da Terra se poderiam prever sismos e outros acontecimentos até então mal compreendidos, os cientistas viraram as suas atenções para as sondagens e perfurações (Bryson, 2003/2010) onde o objetivo é recolher amostras cilíndricas, designadas tarolos (Figura 9), para estudar uma coluna de materiais. A maioria das sondagens com fins científicos têm como objetivo amostrar as sucessões estratigráficas espessas das bacias sedimentares, ou ainda, as estruturas subjacentes às cadeias montanhosas e cratões antigos da bordadura e interior das áreas continentais. Nalguns casos mais ambiciosos, como na perfuração profunda da península de Kola, o objetivo consistiu em alcançar o manto. No entanto, a fronteira entre este e a crosta está, geralmente, a profundidades inalcançáveis pelas brocas de perfuração existentes, pelo que, recorrendo a técnicas de topografia sísmica, se procura indentificar locais onde a crosta oceânica seja fina o suficiente para que a referida fronteira se encontre a uma profundidade alcançável (American Miscellaneous Society, 1959).



Figura 9 - Exemplos de tarolos de sondagem [foto da autora].

Assim, na década de 1960, iniciou-se o projeto Mohole com o objetivo de perfurar a crosta oceânica a fim de recolher uma amostra do manto (International Ocean Discovery Program, 2019). Este projeto, proposto pela *American Miscellaneous Society* (AMSOC), no final da década de 1950, representava uma resposta das Ciências da Terra ao programa espacial Apolo que arrancava em simultâneo (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019; Zhamaletdinov, 2014). À época foram muitas as questões levantadas sobre a exequibilidade deste estudo, mas cientes da sua importância, os membros da AMSOC justificaram-no no relatório que apresentaram à *National Science Foundation*, em 1959, afirmando que:

“O comitê da AMSOC acredita que é desejável e viável perfurar um buraco através da crosta terrestre sob o oceano. É desejável porque não parece haver outra maneira de obter informações científicas inequívocas sobre a composição, idade e

características físicas do manto e das rochas crustais profundas. É viável porque há lugares onde o Moho se aproxima 9,5 quilômetros da superfície do mar.”¹⁹

O excerto anterior é parte do *abstract* do referido relatório e demonstra claramente a vontade de se saber mais sobre o interior do planeta. No mesmo documento, a AMSOC faz uma contextualização do projeto, quanto aos conhecimentos da época sobre a estrutura interna da Terra, os quais resultavam da combinação do estudo dos meteoritos, propagação de ondas sísmicas, geomagnetismo, geotermia e gravimetria. Nesta contextualização percebe-se que, aquando do arranque do projeto Mohole, já se supunha a existência de um núcleo metálico e de um manto constituído por materiais peridotíticos, ainda que não se tivesse total confiança nessa subdivisão. Conhecia-se a crosta como uma camada delgada de rochas menos densas que as anteriores, às quais o Homem tinha acesso fisicamente e que podia ser continental ou oceânica, apresentando materiais com composições geoquímicas distintas. Também a fronteira entre a crosta e o manto já havia sido identificada pelo professor Andrija Mohorovicic, como a zona onde as ondas sísmicas aumentam abruptamente a sua velocidade de propagação, como veremos mais à frente.

O projeto Mohole acabou por não conseguir alcançar o seu objetivo mais ambicioso, tendo apenas atingido 180 m de profundidade (Bryson, 2003/2010). Apesar de ter ficado aquém do esperado, foi uma importante perfuração por ter sido realizada a partir de uma coluna de água de 3 600 m, facto sem precedentes para a tecnologia da época. O projeto Mohole foi de extrema importância para a ciência, uma vez que abriu as portas a uma série de programas de perfuração dos fundos oceânicos que ainda hoje operam.

Por seu turno, a então União Soviética, lançou também dois programas com implicações para o conhecimento da estrutura interna da Terra. Uma missão automatizada para recolha de amostras lunares e um programa de perfuração continental superprofunda, que previa a abertura de 10 poços em território russo, para o estudo da composição e estrutura do interior da geosfera. Nestes poços inclui-se aquele que é, até hoje, o furo mais profundo alguma vez realizado pelo Homem - o poço de Kola (Zhamaletdinov, 2014).

Os trabalhos de perfuração na península de Kola foram planeados em 1965, tendo a abertura do *Kola Superdeep Borehole* sido iniciada em 1970. Este estudo pretendia atingir 15 km de profundidade (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016) e inaugurou

¹⁹ Tradução livre da autora. No original “*The AMSOC Committee believes that it is both desirable and feasible to drill a hole completely through the earth’s crust beneath the ocean. It is desirable because there seems to be no other way of obtaining unambiguous scientific information about the composition, age, and physical characteristics of the mantle and the deep crustal rocks. It is feasible because there are places where the Moho approaches within 9,5 kilometres of the sea surface.*” (American Miscellaneous Society, 1959).

uma nova fase no estudo da crosta continental dos cratões pré-câmbrios (Kozlovsky & Adrianov,1987). Em resposta às elevadas pressões e temperaturas a que as brocas estavam sujeitas, a abertura destes furos implicou a utilização de equipamentos e técnicas especiais em relação às que eram utilizadas comumente noutras sondagens (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016).

Os trabalhos de perfuração de Kola permitiram estudar, *in situ*, o estado físico, propriedades e composição das rochas até uma profundidade de 11 600 m, bem como, as condições de temperatura no interior da crosta, entre outros dados de natureza física e geoquímica. Um dos principais resultados obtidos, foi a identificação de uma zona de baixa velocidade sísmica, a cerca de 4,5 km de profundidade, facto que veio contrariar suposições anteriores sobre a estrutura geológica daquela região (Kozlovsky & Adrianov,1987).

A escolha da península de Kola para realização destes estudos foi determinada com base em duas condicionantes. A primeira foi a presença de um complexo metamórfico do Arcaico, composto por rochas muito antigas do Escudo Báltico, no cratão europeu. A segunda foi a posição anormalmente pouco profunda da então hipotética descontinuidade de Conrad neste sector. Tal descontinuidade marca a fronteira, dentro da crosta continental, entre materiais rochosos mais ricos de silicatos aluminosos (como micaxistos, gneisses, migmatitos e rochas granitóides) e uma camada inferior mais rica em minerais ferro-magnesianos, de maior densidade média, com rochas grabroides e peridotíticas. Na península de Kola é possível intersectar esta fronteira perfurando apenas 7 km de profundidade, o que fez com que este fosse o principal objetivo desta sondagem. No entanto, os resultados não foram os esperados. Os dados recolhidos nesta sondagem indicam que há uma zona de aumento da resistividade da crosta, entre os 10 e os 15 km de profundidade. Foi, também, nesse intervalo de profundidade que as brocas deixam de conseguir perfurar, assumindo-se que terá sido intercetada a descontinuidade de Conrad e que, contrariamente ao proposto até então, esta deverá marcar uma mudança no estado físico da rocha, de frágil a viscoso, além de uma mudança composicional (Zhamaletdinov, 2014).

Os dados obtidos nas perfurações profundas da península de Kola mostraram, assim, que os modelos criados anteriormente, para esta região, com base em dados de sismologia, não se encontravam corretos, levando a acreditar que os levantamentos sísmicos da crosta continental são frequentemente mal interpretados (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016).

Alguns anos antes das perfurações de Kola, em 1966, surgiu o *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) que realizou perfurações nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico e nos mares Mediterrâneo e Vermelho e que vem no seguimento dos estudos iniciados pelo projeto Mohole. Estas perfurações foram realizadas com recurso ao navio *Glomar Challenger*, uma embarcação pioneira, que em muito contribuiu para a evolução da ciência e das tecnologias de perfuração dos fundos oceânicos (International Ocean Discovery Program, 2019). As importantes descobertas resultantes das suas campanhas vieram fundamentar a hipótese de Hess sobre a expansão dos fundos oceânicos e, mais tarde, a Teoria da Tectónica de Placas. Parte destes dados resultou da interpretação de sondagens efetuadas no Atlântico Sul entre as margens continentais de África e da América do Sul. Do seu estudo, os cientistas concluíram que os fundos oceânicos são muito mais jovens do que a história geológica da Terra e que revelam uma certa simetria em relação à dorsal médio atlântica (International Ocean Discovery Program, n.d.).

Em 1985, o *Glomar Challenger* foi substituído pelo navio *JOIDES Resolution* (JR) da *Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling* (JOIDES). Deu-se início a uma nova fase de perfuração dos fundos oceânicos, que duraria até 2003, *designada Ocean Drilling Program* (ODP). Nesta, que foi uma verdadeira colaboração internacional, o JR, realizou 110 expedições pelo globo com o objetivo de estudar a história das bacias oceânicas e a natureza da crosta oceânica (International Ocean Discovery Program, 2019).

A investigação científica realizada durante o ODP classifica-se como um dos mais bem-sucedidos esforços internacionais em prol da ciência. Entre outros ganhos, permitiu aperfeiçoar os conhecimentos relativos aos mecanismos envolvidos na tectónica de placas; demonstrar que os *hotspot* podem migrar lentamente, ou seja, que não são fixos como se pensava até então; confirmar que a crosta oceânica é mais recente, em idade, do que o Jurássico e ainda quantificar os sedimentos que são reciclados nas zonas de subdução. Além disso, foi também possível estudar vários processos ligados às alterações climáticas sofridas pelo planeta ao longo de vários milhões de anos e, recolheram-se provas da queda catastrófica do meteorito responsável pela extinção dos dinossauros no final do Cretácico (Consortium for Ocean Leadership, Inc., Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, & Texas A&M University, s.d.).

Tendo por base as parcerias estabelecidas no DSDP e no ODP surgiu, em 2003, o *Integrated Ocean Drilling Program* (IODP). Ao remodelado JR juntou-se o navio japonês *Chikyu* para a realização de 52 expedições, ao longo dos 10 anos que o projeto durou (International Ocean Discovery Program, 2019).

Esta embarcação foi construída com o intuito de estudar a atividade sísmica oceânica, de modo a obter informações para compreender os mecanismos por detrás dos sismos e *tsunamis* e mitigar os seus efeitos que tão fortemente afetam aquela região do globo. Um outro fator importante para a construção do *Chikyu* foi a intenção, já antiga, de se alcançar o manto. Este navio apresenta essa capacidade, furando diretamente através da crosta oceânica e colhendo amostras da crosta com recurso a novas técnicas, que lhe permitam alcançar 7 km de profundidade em ambientes onde as temperaturas atingem os 250° C. Até hoje, o *Chikyu* já recolheu mais de um milhão de amostras de sondagem (Japan Agency Marine-Earth Science and Technology, n.d.).

No final de 2013, os parceiros envolvidos no IODP continuaram a colaborar através do *International Ocean Discovery Program: Exploring the Earth Under the Sea*, programa que continua ativo até ao presente (International Ocean Discovery Program, 2019) e conta com a parceria de 23 países. O objetivo é investigar, ao longo de 10 anos, o clima, a vida do meio profundo oceânico, a geodinâmica dos fundos oceânicos e margens continentais e os riscos geológicos inerentes à sua dinâmica, de modo a obter conhecimento que venha a facilitar a visão global e a longo-prazo daqueles que são hoje alguns dos problemas ambientais mais preocupantes (Bickle et al., 2011).

Em suma, a perfuração dos fundos oceânicos destaca-se como o método mais efetivo para se obter informação direta sobre as rochas e estruturas profundas da crosta oceânica. O seu estudo e a perspetiva histórica, constituem fundamentos importantes para a compreensão do mobilismo e de como surgiram as ideias sobre a expansão dos fundos oceânicos que conduziram ao paradigma da Tectónica de Placas, sendo a sua abordagem uma mais-valia para o ensino destes conteúdos.

2.4.3.4 Vulcanismo

O último dos métodos diretos é o vulcanismo que pode ser visto como uma janela para o interior da Terra e, geralmente, dá acesso a materiais com origem nos primeiros 200 km rochosos do planeta (Tarbuck & Lutgens, 2017).

Os xenólitos encontrados nas rochas plutónicas podem ter origem em materiais profundos do manto. É comum, por exemplo, nos basaltos, encontrar xenólitos de peridotitos e dunitos, rochas muito ricas em olivina e raras na superfície terrestre. Dada a sua escassez, acredita-se que estas sejam trazidas do manto pelo magma básico durante a sua ascensão crustal, o que é suportado pela densidade, velocidade de propagação das ondas sísmicas e composição química destas rochas (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016).

2.4.4 Métodos indiretos

Apesar de todos os esforços para perfurar o planeta, e tal como nos diz Bill Bryson, na sua obra *Breve História de Quase Tudo*, “até há pouco menos de um século, o que as mentes científicas mais bem informadas sabiam sobre o interior da Terra não era muito mais do que sabia um trabalhador de uma mina de carvão” (p. 318).

Dadas as limitações dos métodos diretos, a maior parte da informação que existe hoje sobre o interior do planeta foi obtida com recurso a métodos indiretos. Este estudo é feito, principalmente, por um ramo da Geologia, designado por Geofísica, que aplica as leis e princípios da Física ao estudo do interior do planeta e inclui o estudo das ondas sísmicas, do campo magnético da Terra, da gravidade e do calor interno (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016). Além da Geofísica, os modelos matemáticos, os testes laboratoriais de alta pressão e as amostras de meteoritos do Sistema Solar que colidem com a Terra (Tarbuck & Lutgens, 2017) ou que são recolhidos em amostragens espaciais, são também uma fonte importante de informações relativas à estrutura e composição do planeta.

2.4.4.1 Densidade

Dado que a Terra se encontra animada de um movimento de rotação em torno do seu eixo, esta tem que ser sólida no seu interior; caso contrário, a rotação teria conduzido a um achatamento gradual do planeta, para uma forma de disco. Da mesma forma, se a densidade dos materiais fosse uniforme por todo o globo, a rotação tornaria a Terra mais achatada do que aquilo que se verifica na realidade (Van der Pluijm & Marshak, 2004).

Sendo a densidade de um objeto calculada dividindo a massa pelo seu volume, e conhecendo-se bem os materiais que constituem a superfície do planeta, os cientistas facilmente perceberam que a Terra apresentava um valor de densidade muito superior ao espectável, caso esta fosse homogénea no seu interior e de composição semelhante às rochas comuns na superfície. Estas rochas, ricas em sílica, apresentam densidades médias inferiores a 3 g/cm^3 , enquanto algumas rochas vulcânicas, ricas em ferro, apresentam valores que atingem a $3,5 \text{ g/cm}^3$. Qualquer um dos valores anteriores é bastante inferior à densidade média calculada para a Terra ($5,5 \text{ g/cm}^3$), valor que também não pode ser justificado pelo aumento de pressão com a profundidade, pois a pressão exercida pelas rochas subjacentes não é suficiente para se atingir tal densidade (Grotzinger & Jordan, 2014).

2.4.4.2 Condutividade elétrica

A forma como os materiais conduzem a eletricidade pode ser uma fonte útil de informação sobre as características desses materiais. A condutividade elétrica dos materiais no interior da Terra depende da composição química das rochas e da presença de fluidos. Desta forma, a medição deste parâmetro permite detectar a presença de rocha parcialmente fundida no manto e na crosta (Van der Pluijm & Marshak, 2004).

2.4.4.3 Gravimetria

As análises gravimétricas realizam-se com base em medições da força do campo gravítico da Terra sobre uma determinada massa. A atração gravítica entre dois corpos depende das suas massas e da distância entre os centros de massa, segundo a expressão

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2} \quad (1)$$

Assim, a atração gravítica entre dois corpos (F) é diretamente proporcional ao produto das suas massas (m) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros (r) de massa dos dois objetos. Para a Terra o valor de G é constante.

Por sua vez, a massa varia em função da densidade e do volume dos materiais, de modo que ao observarem-se variações nas medições realizadas, podem localizar-se rochas de diferentes densidades sob a superfície terrestre. Por exemplo, materiais mais densos também apresentam uma maior massa no mesmo volume, pelo que provocam uma atração gravítica superior (McGeary & Plummer, 1994; Van der Pluijm & Marshak, 2004) (Figura 10).

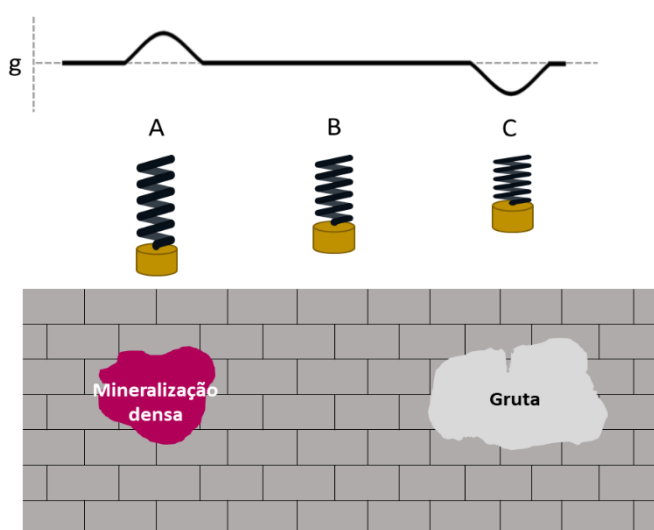


Figura 10 - Análise de anomalias gravimétricas. **A:** Materiais mais densos atraem mais fortemente a massa, esticando a mola e provocando nas leituras gravimétricas uma anomalia positiva. **B:** Medição média considerando os principais materiais constituintes da crosta terrestre. **C:** A existência de uma gruta, cheia de ar, provoca uma anomalia negativa por atrair mais fracamente a massa. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

2.4.4.4 Isostasia

As medições de gravidade podem também indicar se a litosfera se encontra isostaticamente compensada num determinado local ou até dar informações sobre variações de temperatura causadas pelas correntes de convecção do manto, uma vez que o aumento da temperatura conduz a uma redução da densidade dos materiais (Grotzinger & Jordan, 2014; Van der Pluijm & Marshak, 2004).

Em 1959, a American Miscellaneous Society escreveu no seu relatório inicial do projeto Mohole que se acreditava que a superfície inferior da crosta se aproximaria a uma imagem espelhada suavizada da superfície visível. Isto é explicado pela isostasia. Apesar desta não ser considerada um método de estudo do interior da geosfera, ajuda a explicar várias observações feitas pelos diversos métodos e oferece algum conhecimento novo. O conceito de isostasia afirma que o peso total das colunas litoesféricas deve ser o mesmo para os continentes e oceanos, traduzindo-se no equilíbrio entre os blocos rochosos da litosfera que “flutuam” na astenosfera, camada plástica de materiais mais densos (Grotzinger & Jordan, 2014; McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016; Tarbuck & Lutgens, 2017).

Um bloco alto como uma cadeia montanhosa, quando em equilíbrio isostático, estende-se a uma maior profundidade no manto (Figura 11) (Plummer et al., 2016).

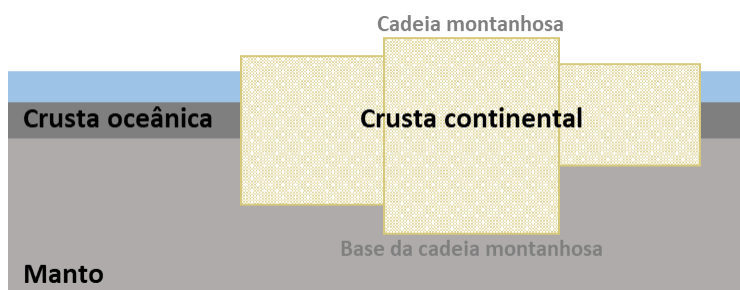


Figura 11 - Representação esquemática e simplificada da crosta em equilíbrio isostático com o manto. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

De modo simplificado, fala-se em blocos tectónicos, como os que estão representados na figura 11; no entanto, a crosta não se apresenta fragmentada desta forma. Na verdade, ela é inteira e ligeiramente flexível, o que lhe permite flexurar em resposta ao aumento de carga na sua superfície. É devido a esta flexibilidade que, por exemplo, quando um glaciar de grandes dimensões (*inlandsis*) se instala sobre a superfície de um continente, este sofre uma ligeira flexão, rebaixando a superfície tenuemente e, por conseguinte, afundando ligeiramente no manto. A superfície do continente permanece assim até que o glaciar derreta e a superfície possa lentamente subir e regressar à sua posição original. Em consequência da deslocação da litosfera, a astenosfera, localizada imediatamente sob a região que sofreu a curvatura, tem que se deformar, voltando a ocupar

o seu espaço quando a superfície regressar à posição normal. Desta forma, a taxa de subsidência da litosfera depende da taxa a que a astenosfera se desloca para acomodar esta mudança, ou seja, depende da viscosidade dos materiais da astenosfera que pode ser calculada através da medição do ajuste isostático. O ajuste isostático é a capacidade que a litosfera apresenta de se ajustar verticalmente, até alcançar um equilíbrio, e o peso do bloco de litosfera é igual ao peso da astenosfera por ele deslocada (Plummer et al., 2016; Van der Pluijm & Marshak, 2004).

Como referido anteriormente, os materiais apresentam menor densidade quanto maior for a temperatura. Dados recentes parecem indicar que o manto superior não é homogêneo, tendo zonas bastante flutuantes devido a temperaturas mais elevadas e fases minerais menos densas. Com base nestes dados, concluiu-se que algumas montanhas não têm “raízes” profundas e são, em vez disso, impulsionadas pelo manto quente e menos denso (Plummer et al., 2016).

Do ponto de vista das medições gravimétricas, se a região onde se está a medir se encontrar em equilíbrio isostático, então os valores obtidos deverão ser uniformes, ou seja, sem anomalias gravimétricas. Não obstante, existem regiões do globo que não se encontram em equilíbrio, devido à ação de forças tectónicas. Há situações em que as forças tectónicas soerguem a litosfera, criando uma zona de anomalia gravimétrica positiva. A situação oposta, ou seja, uma anomalia negativa também é possível e muito comum em regiões que estejam lentamente a recuperar a sua posição após, por exemplo, o desaparecimento de um grande glaciar. Também nos limites das placas tectónicas se pode observar este tipo de desequilíbrio, por exemplo, nas zonas de subducção (anomalia negativa) ou nas zonas de rifte (anomalia positiva) (Plummer et al., 2016; Van der Pluijm & Marshak, 2004).

2.4.4.5 Geomagnetismo

Devido à elevada fluidez dos materiais que constituem o núcleo externo, este não pode ser estudado com recurso à tomografia sísmica ou à força gravítica como acontece com o estudo do manto. Assim, para estudar o núcleo externo recorre-se ao campo magnético da Terra (Grotzinger & Jordan, 2014).

O campo magnético terrestre (Figura 12) tem a sua origem nos movimentos do núcleo externo líquido e estende-se muito além da superfície do planeta, servindo de escudo à radiação solar prejudicial à vida. Uma vez que a existência de um campo magnético não poderia ser explicada pela presença de um ímã no interior da Terra, dado que as elevadas temperaturas não seriam compatíveis com tal hipótese, os cientistas

propuseram que o calor proveniente do núcleo daria origem a correntes de convecção capazes de gerar uma corrente elétrica, a qual, por sua vez, criaria um campo magnético. Esta hipótese é apoiada pela rápida movimentação dos materiais nesta camada e pela composição metálica do núcleo externo, pois o ferro é um bom condutor de eletricidade, ao contrário dos materiais que se encontram em convecção no manto (Grotzinger & Jordan, 2014, Plummer et al., 2016; Van der Pluijm & Marshak, 2004). Desta forma, a existência de um campo de forças magnéticas acaba por ser, indiretamente, uma evidência para a composição metálica do núcleo e para o seu estado líquido, no caso do núcleo externo.

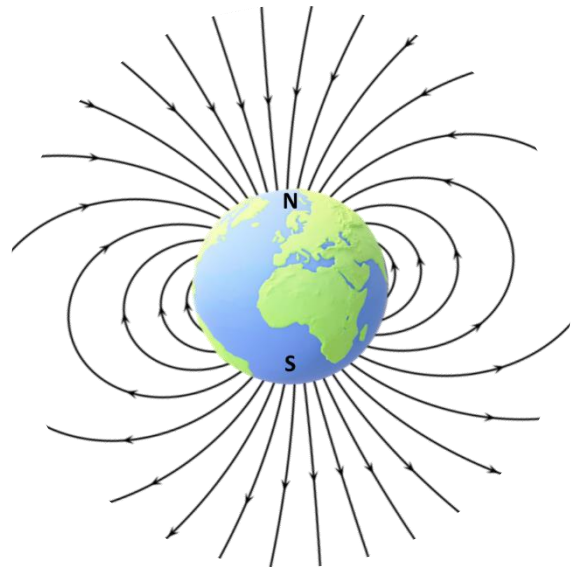


Figura 12 - Representação esquemática do campo magnético da Terra. “N” e “S” indicam os polos geográficos norte e sul, respectivamente. Note-se que o polo norte geográfico não coincide com o polo norte magnético (ponto de entrada das linhas do campo magnético). (A representação não está à escala)

O campo magnético e as suas linhas de força são invisíveis, mas a sua influência é fácil de detetar através da utilização de uma bússola. A agulha magnetizada da bússola orienta-se segundo a direção do campo magnético terrestre apontando para o norte magnético do planeta, que se encontra cerca de 11° desviado em relação ao norte geográfico. Também as rochas que apresentam na sua composição minerais ferrosos, mostram a direção do campo magnético terrestre à data da sua formação através da orientação dos seus cristais, o que permite aos geólogos estudar a forma como o campo magnético varia ao longo da história do planeta. Associando ao estudo das variações do campo magnético, as tecnologias mais avançadas a nível de modelação computacional, os cientistas foram capazes de simular as condições necessárias à formação de um campo magnético com as dimensões e força do da Terra. Esta simulação permitiu perceber que o núcleo interno deverá apresentar um movimento de rotação mais rápido do que o resto do planeta, o que poderá estar relacionado com as inversões de polaridade do campo magnético (Grotzinger & Jordan, 2014; McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016).

Assim, podem também estudar-se as anomalias magnéticas para obter informações sobre outras camadas do interior da geosfera. Estas anomalias devem-se a alterações do campo magnético que podem ser provocadas por padrões de circulação no núcleo externo (quando são de ordem regional) ou pela composição das rochas da crosta,

a uma escala menor, o que se deve à polaridade do campo magnético produzido pela presença de minerais ferrosos (Plummer et al., 2016; Van der Pluijm & Marshak, 2004).

2.4.4.6 Gradiente geotérmico

Decifrar as variações de temperatura com a profundidade é importante para determinar os movimentos do material rochoso que se encontra no interior do planeta (Tarbuck & Lutgens, 2017). A variação da temperatura interna em função da profundidade, designa-se gradiente geotérmico; enquanto o grau geotérmico expressa o valor de profundidade, em metros, necessário para que a temperatura incremente um grau. O aumento da temperatura com a profundidade é um dos motivos pelo qual até hoje as sondagens não atingiram mais do que 12 km de perfuração, ou porque as explorações mineiras não ultrapassam cerca de 4 km (Grotzinger & Jordan, 2014; Plummer et al., 2016).

O calor interno da Terra teve origem durante a formação do protoplaneta, devendo-se à energia libertada durante a acreção planetária, que aqueceu as zonas mais exteriores do planeta, ao mesmo tempo que a diferenciação gravítica do núcleo e o decaimento radioativo produziam calor no interior. Desde então, a Terra está a arrefecer, perdendo calor para o espaço por radiação, condução e convecção. Dos três processos anteriores apenas os dois últimos ocorrem no interior do nosso planeta (Grotzinger & Jordan, 2014; Tarbuck & Lutgens, 2017). A condução, na litosfera, e a convecção, nas camadas mais interiores (como o manto e o núcleo externo). São estas correntes de convecção as responsáveis pelo deslocamento das placas tectónicas, correntes da astenosfera, e pelo campo magnético, correntes do núcleo externo. Atualmente, a principal fonte de calor na geosfera é o decaimento radioativo dos isótopos instáveis presentes nas rochas (Grotzinger & Jordan, 2014).

O calor conduzido através da litosfera até à superfície designa-se fluxo geotérmico (Plummer et al., 2016). Este fluxo não é constante em toda a superfície terrestre, existindo zonas do globo onde o fluxo é superior ou inferior à média (Figura 13). Locais onde o fluxo é bastante superior estão, por exemplo, próximos das cristas médio oceânicas, junto aos riftes, onde a ascensão crustal de magma é regular; ou de regiões onde existam rochas enriquecidas em isótopos radioativos como o urânio. Por oposição, os locais onde se registam valores de fluxo geotérmico mais baixos são as planícies abissais. Apesar das variações regionais, o fluxo médio nos continentes e no fundo oceânico é equivalente. Isto é explicado pelas correntes de convecção no manto, que são também o motivo pelo qual o fluxo é superior junto ao rife e diminui com a distância a este limite tectónico (Plummer et al., 2016; Tarbuck & Lutgens, 2017).

Estudando a temperatura dos materiais que constituem a geosfera e comparando com os valores de fusão de cada tipo de material à profundidade que se quer analisar, é possível determinar o comportamento dos materiais e, conseqüentemente, o estado físico das camadas estruturantes (Tarbuck & Lutgens, 2017).

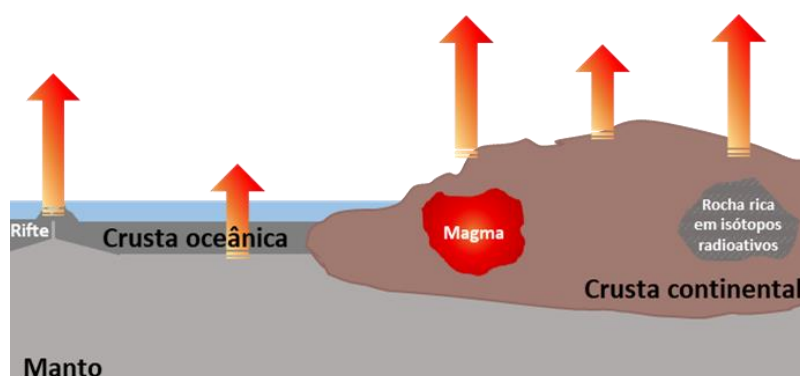


Figura 13 - Variação do fluxo geotérmico em diferentes contextos tectônicos. Nas zonas de crosta oceânica, o fluxo é superior perto dos riftes, diminuindo com a distância aos mesmos. Nos continentes o fluxo é superior na presença de bolsas de magma e de rochas ricas em isótopos radioativos. (A figura não está à escala; baseado em Plummer, Carlson & Hammersley, 2016).

2.4.4.7 Sismologia

Apesar do enorme contributo de todos os outros métodos, a maior fonte de conhecimento relativo ao interior da Terra tem origem na Sismologia, vindo a ser utilizada para este fim, sensivelmente, desde o início do séc. XX (Grotzinger & Jordan, 2014, McGeary & Plummer, 1994).

Antes de se compreender de que modo a Sismologia contribui para o estudo do interior da Terra, é importante conhecer as protagonistas destes estudos, as ondas sísmicas, e o modo como estas se comportam. As ondas de profundidade, que se propagam no interior do planeta, podem ser de dois tipos. As do tipo “P”, ou primárias, são as primeiras a chegar às estações sismológicas. São ondas compressivas que se propagam em meios sólidos, líquidos e gasosos, fazendo as partículas vibrar no sentido de propagação da própria onda, pelo que são também designadas ondas longitudinais. As do tipo “S”, ou secundárias, são as segundas a serem registadas e são ondas transversais ou de cisalhamento que fazem as partículas vibrarem perpendicularmente à direção de propagação da onda. Estas apenas se propagam em materiais no estado sólido, dado que os líquidos e gases não apresentam resistência ao cisalhamento (Grotzinger & Jordan, 2014; Chapman, 2002). Além destes tipos de ondas existem as ondas de superfície, menos úteis no estudo do interior da geosfera, mas particularmente importantes pelo seu carácter destrutivo e, conseqüente, pelo impacto que têm nas atividades humanas.

Atendendo às características das ondas de profundidade e às propriedades físicas dos materiais que atravessam, a velocidade de propagação das ondas P e S varia com a

rigidez (μ), a densidade (ρ) e a incompressibilidade dos materiais (k). A rigidez é uma medida da resistência do material ao corte, também denominada, módulo de cisalhamento. A incompressibilidade é o módulo volumétrico que relaciona a pressão hidrostática e a variação de volume de um material que deriva da interação entre os parâmetros de Lamé, λ e μ de acordo com a expressão:

$$k = \lambda + \frac{2}{3}\mu. \quad (2.1)$$

O primeiro parâmetro de Lamé (λ), não tendo uma explicação física simples, relaciona o módulo de compressibilidade com o de cisalhamento (segundo parâmetro de Lamé) como mostrado na expressão 2.1 (Shearer, 2009).

À rigidez e à incompressibilidade dá-se o nome de constantes elásticas (Shearer, 2009). Assim, a velocidade das ondas P, α , traduz-se pela expressão:

$$\alpha = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

Atendendo à expressão 2.2:

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\frac{\lambda + \frac{2}{3}\mu + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \\ &= \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

A velocidade das ondas S, β , traduz-se pela expressão:

$$\beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.4)$$

Analisando as expressões 2.3 e 2.4 compreendemos o porquê das ondas P serem capazes de se propagar em meios que se apresentem em qualquer estado físico, enquanto as ondas S apenas se propagam em meios sólidos. Sabendo que os gases e líquidos apresentam um valor de $\mu = 0$, observa-se que a velocidade das ondas S nestes meios é zero e a velocidade das P, nestas condições, é expressa por

$$\alpha = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (2.5)$$

Durante o seu percurso no interior do planeta, as ondas sísmicas podem sofrer processos físicos de reflexão ou de refração. A reflexão sísmica (Figura 14) ocorre quando a onda encontra uma fronteira nítida entre materiais de densidades distintas, não a ultrapassando, sendo desviada no sentido da superfície do planeta. A refração sísmica (Figura 15) é o desvio do ângulo de incidência de propagação das ondas sísmicas quando estas passam de um material para outro; esta mudança é justificada pelo facto da velocidade de propagação ser diferente num material e no outro (Grotzinger & Jordan, 2014; McGeary & Plummer, 1994).

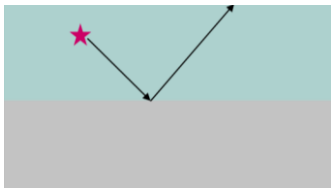


Figura 14 - Reflexão sísmica. A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

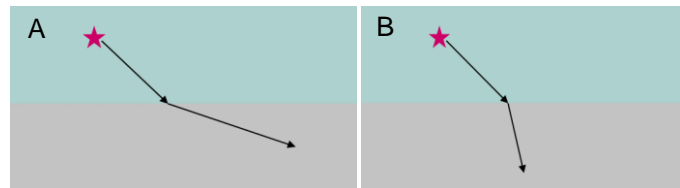


Figura 15 - Refração sísmica. **A:** Passagem de uma camada de baixa velocidade para outra de velocidade superior. **B:** Passagem de uma camada de elevada velocidade para uma de velocidade baixa. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

Devido ao aumento de pressão com a profundidade, as rochas no interior da Terra apresentam-se gradualmente mais comprimidas, atingindo patamares de densidade crescente e provocando um aumento da velocidade de propagação das ondas P e S. É por este motivo que a trajetória das ondas no interior da Terra não é retilínea, uma vez que a passagem de uns patamares para outros funciona como uma fronteira que provoca uma ligeira refração das ondas e conseqüentemente, uma curvatura da trajetória como esquematizado na Figura 16 (Bolt, 1999; McGeary & Plummer, 1994).

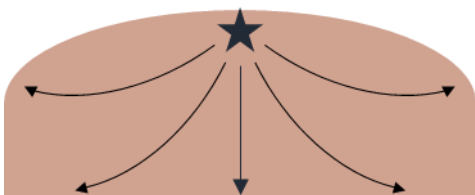


Figura 16 - Trajetória curvilínea das ondas sísmicas no interior da Terra. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

A partir dos sismogramas, registos da chegada das ondas sísmicas a uma estação sismográfica, sabe-se o tempo que uma onda demora a percorrer a distância entre o epicentro (ponto à superfície na vertical do ponto de origem do sismo) e a estação sismológica que a detetou. Se o interior da Terra fosse homogéneo, as ondas sísmicas viajariam desde o hipocentro (local de origem da onda) até às estações mais distantes, passando pelo centro do planeta, em trajetórias retilíneas, o que, graças à rede de sismógrafos mundial, se verificou que não acontece e que é justificado pelos processos de reflexão e refração anteriormente descritos (Grotzinger & Jordan, 2014).

Nos sismogramas, as primeiras ondas a serem registadas são as P, seguidas das S, que chegam mais tarde devido à sua velocidade inferior. O tempo de chegada que separa estas ondas é proporcional à distância que elas percorreram desde o hipocentro (Chapman, 2002).

Através dos tempos registados nos sismogramas é possível saber quanto demorou uma onda refletida a chegar à estação sismológica. Conhecendo a localização do hipocentro, os materiais constituintes da crosta e a forma como estes afetam a velocidade das ondas, calcula-se o tempo que a onda demora a chegar à fronteira onde é refletida e a voltar à superfície do planeta. A partir deste cálculo determina-se a profundidade a que a referida fronteira se encontra (McGeary & Plummer, 1994; Plummer et al., 2016), sendo possível determinar as profundidades a que se verificam mudanças nos materiais e delimitar cada uma das camadas existentes no interior da Terra.

Com a instalação da rede global de estações sismográficas, os sismólogos aperceberam-se que, percorrendo 11 600 km na superfície do planeta, o que corresponde a 105° a partir do epicentro, deixava de se detetar ondas sísmicas nas estações aí instaladas. A partir deste ponto, as ondas S não voltam a ser recebidas pelas estações, já as P ressurgem a partir de 142°, ou seja, dos 15 800 km, ainda que atrasadas em relação aos tempos esperados (Grotzinger & Jordan, 2014). A partir destes dados determinaram-se duas zonas de sombra sísmica, uma zona para as ondas S que se localiza entre os 105° a contar do epicentro (Figura 17) e uma zona de sombra das ondas P que se localiza entre os 105° e os 142° a contar do epicentro (Figura 18).

Em 1906, o sismólogo britânico R. D. Oldham sugeriu que a existência da zona de sombra das ondas S se deveria à presença de materiais no centro da Terra, nos quais as ondas S se propagariam a uma velocidade muito inferior, sendo esta a primeira evidência da existência do núcleo externo líquido (Bolt, 1999; Grotzinger & Jordan, 2014).

Esta hipótese é suportada pela expressão matemática que traduz a velocidade de propagação das ondas sísmicas secundárias (expressão 2.4). Contudo, podem aparecer ondas S no núcleo interno, apesar destas ondas não serem capazes de atravessar o núcleo externo, podem reaparecer como resultado da reflexão e/ou refração das ondas P. As ondas de profundidade, ao encontrarem zonas de fronteira entre camadas no interior da geosfera sofrem reflexões e refrações, o que faz com que surjam nos sismogramas registos de ondas P e S originadas por estes processos e, portanto, com tempos de chegada diferentes (Bolt, 1999; Grotzinger & Jordan, 2014).

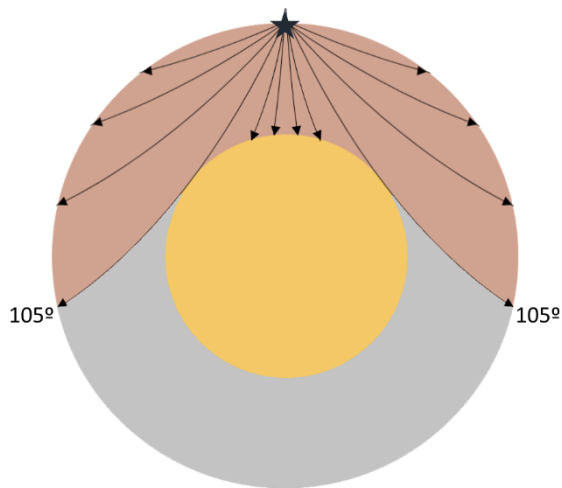


Figura 17 - Zona de sombra sismica das ondas S. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

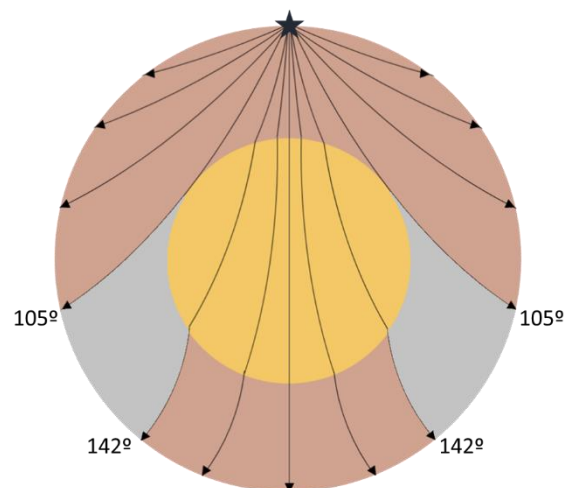


Figura 18 - Zona de sombra sismica das ondas P. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016)

Alguns anos mais tarde, em 1914, Beno Gutenberg determinou que a fronteira entre o manto e o núcleo se localiza a, aproximadamente, 2 900 km de profundidade, tendo esta fronteira ficado conhecida como a descontinuidade de Gutenberg (Grotzinger & Jordan, 2014). Além disso, observou que as ondas P que ressurgem após os 142°, chegam com um atraso de cerca de 5 minutos em relação ao esperado nas ondas P diretas. Estas variações de velocidade detetadas, bem como, a existência das zonas de sombra, permitiram utilizar as ondas sísmicas como uma espécie de raio-X para vislumbrar o interior da Terra. Este tipo de estudo designa-se tomografia geofísica (Bolt, 1999).

O primeiro limite a ser identificado por estudos sismológicos foi a fronteira entre a crosta e o manto, conhecida como descontinuidade de Mohorovicic ou Moho, identificada pouco antes da descontinuidade de Gutenberg. Esta fronteira separa os materiais silicatados de baixa densidade da crosta (com alumínio e potássio), dos silicatos mais densos do manto (que contêm magnésio e ferro) e apresenta-se a maior profundidade, sob os continentes (em média a 40 km), do que sob os oceanos (aproximadamente a 7 km).

A 5 150 km de profundidade encontra-se mais uma descontinuidade, determinada, em 1936, pela cientista Inge Lehmann. Esta diz respeito à fronteira entre o núcleo externo líquido e o núcleo interno sólido, designando-se descontinuidade de Lehmann (Grotzinger & Jordan, 2014). Assim, em meados do século XX, já eram conhecidas as principais camadas estruturantes existentes no interior da Terra. Além disso, determinou-se também que o manto pode ser dividido em manto superior e manto inferior, separados por uma zona de transição, onde a densidade dos materiais vai aumentando por alterações na compactação dos minerais constituintes (Grotzinger & Jordan, 2014).

Uma descontinuidade adicional é a de Conrad. Normalmente, localiza-se entre 15 e 20 km de profundidade, e caracteriza-se por um aumento acentuado da velocidade de propagação das ondas sísmicas dentro da crosta continental (Zhamaletdinov, 2014).

A determinação destas descontinuidades e das zonas de sombra facultou informações importantes sobre a organização dos materiais no interior da geosfera. Além de se saber as profundidades onde ocorrem mudanças acentuadas no estado físico dos materiais, foi possível identificar a composição químico-mineralógica das diversas camadas. Para isso foram realizadas várias medições, em laboratório, para estabelecer valores padrão de velocidade de propagação das ondas sísmicas em diferentes tipos de materiais rochosos de características conhecidas.

Além de darem a conhecer as zonas mais internas do planeta, as ondas sísmicas podem ser utilizadas para sondar locais pouco profundos da crosta terrestre, tendo-se recorrido a fontes artificiais de ondas sísmicas, como explosões, obtendo-se um perfil da região graças às ondas refletidas pelas estruturas geológicas que se encontram no interior da crosta. Este método é muito frequente, por exemplo, na procura por reservatórios petrolíferos (Grotzinger & Jordan, 2014). Desta forma, pode-se pensar nas ondas sísmicas como um sistema de sonar que nos possibilita visualizar o interior do planeta.

2.4.4.8 Astrogeologia

Um método um pouco diferente é o estudo da Astrogeologia. Esta ciência contribui para o estudo do interior da Terra através do estudo dos meteoritos e de outros planetas. Os meteoritos são pedaços de rocha ou metal provenientes do espaço que entraram em rota de colisão com a Terra e que resistiram à passagem pela atmosfera, tendo alcançado a superfície do planeta sem sofrer desintegração total. Alguns são fragmentos iguais aos que originaram os planetas, enquanto outros são fragmentos de pequenos planetas que se fragmentaram. Isto significa que alguns destes meteoritos podem ser amostras de material como o que constituiu o interior da Terra atual, remontando a fases primordiais de diferenciação planetária (Grotzinger & Jordan, 2014; Van der Plujim & Marshak, 2004).

2.4.4.9 Modelos matemáticos

Todos os dados recolhidos pelos diversos métodos, principalmente pelos da geofísica, podem ser trabalhados computacionalmente com recurso a modelação matemática e computação. Isto permite correr várias simulações, de modo, a testar hipóteses e a corroborá-las ou a confutá-las.

2.4.5 Modelos atuais

Juntando os dados recolhidos pelos diversos métodos de estudo da geosfera, os cientistas propuseram dois modelos para a estrutura interna da Terra, considerando diferentes parâmetros e dividindo a geosfera em camadas concêntricas.

Como mencionado anteriormente, os modelos hoje aceites são o modelo geoquímico, dividindo a geosfera em crosta, manto e núcleo de acordo com a composição químico-mineralógica dos materiais; e o modelo geofísico, dividindo a Terra em litosfera, astenosfera, mesosfera, endosfera externa e endosfera interna, de acordo com o estado físico de cada zona.

2.4.5.1 Modelo geoquímico

As três camadas que compõem o modelo geoquímico (Figura 19), modelo químico ou modelo composicional, foram as primeiras a serem reconhecidas, tendo sido identificadas graças à instalação da rede mundial de sismógrafos que decorreu no final do século XIX (Grotzinger & Jordan, 2014).

A camada mais superficial da geosfera, designada crosta, é constituída por materiais silicatados de baixa densidade, ricos em alumínio e potássio. Esta camada pode ser dividida em dois tipos, crosta continental e crosta oceânica, apresentando uma espessura média de 7 e 40 km, respetivamente (Grotzinger & Jordan, 2014). Nas zonas de grandes orógenos a crosta continental pode atingir os 70 km de espessura, e a espessura mínima da crosta oceânica são 5 km. Considerando as dimensões totais do planeta, em termos de proporções, a crosta assemelha-se à casca de uma maçã (Plummer et al., 2016).

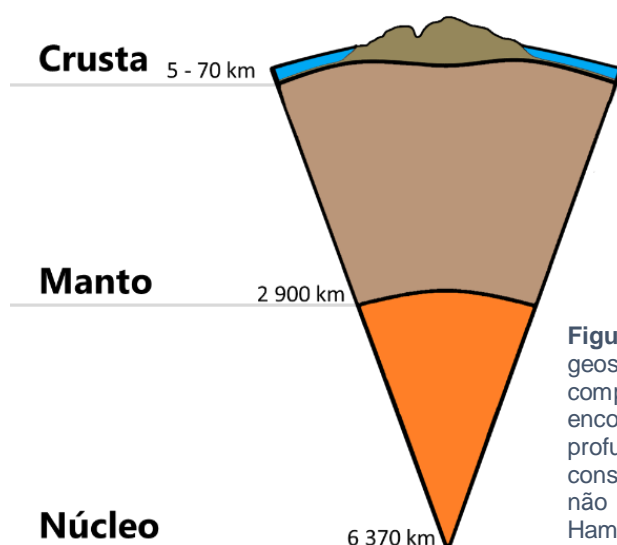


Figura 19 - Esquema simplificado do interior da geosfera, dividida em três camadas, de acordo com a composição químico-mineralógica dos materiais encontrados em cada uma. De notar que os valores de profundidade apresentados podem oscilar ligeiramente consoante os autores consultados. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016).

As diferenças entre os dois tipos de crosta residem na sua composição, espessura, idade e história. Quanto à espessura, a crosta continental apresenta-se, como visto anteriormente, consideravelmente mais espessa do que a oceânica. Esta diferença de espessura e de densidade conduz a uma elevação relativa dos continentes em relação ao fundo oceânico, que é explicada pelo princípio da isostasia (Grotzinger & Jordan, 2014). A diferença de densidade faz com que as ondas sísmicas se propaguem a velocidades superiores na crosta oceânica do que na continental. Tudo isto se deve ao tipo de rocha que se encontra em cada uma delas. A crosta oceânica caracteriza-se pela abundância em minerais ricos em ferro e magnésio, e é constituída principalmente por rochas máficas, como o basalto e o gabro, e ultramáficas, como o peridotito, tendo uma composição bastante homogênea. Já na continental prevalecem as rochas félsicas, ricas em feldspatos e quartzo, como o granito, apesar de no seu global esta apresentar vários tipos de rochas consideravelmente diferentes, consoante o local em estudo (Grotzinger & Jordan, 2014; Plummer et al., 2016; Tarbuck & Lutgens, 2017).

No que toca à idade e história, a crosta oceânica apresenta-se bastante mais recente do que a continental, com valores até cerca de 180 milhões de anos (Tarbuck & Lutgens, 2017), por estar em constante renovação graças à tectónica de placas, formando-se nova crosta nos riftes; enquanto a mais antiga é lentamente destruída nas zonas de subducção. Na crosta continental, as rochas são genericamente mais antigas, sendo que as mais antigas se localizam nos chamados cratões e escudos continentais, que correspondem às regiões mais estáveis da crosta continental, onde se encontram expostas rochas do Pré-cambriaco, ou seja, com mais de 540 milhões de anos (Grotzinger & Jordan, 2014).

Imediatamente abaixo da crosta, separada desta pela descontinuidade de Mohorovicic, encontra-se o manto, uma camada rica em ferro e magnésio, que representa cerca de 82% do volume da Terra, estendendo-se desde o Moho até, aproximadamente, aos 2 900 km de profundidade. Estudos sísmicos focados nos processos de reflexão e refração indicam que o manto pode ser dividido em camadas, aproximadamente concêntricas, cujos limites se encontram a 400 e a 670 km. Considerando o aumento de pressão com a profundidade, estas fronteiras internas do manto deverão indicar a profundidade a que se verifica o colapso da estrutura interna de determinados minerais, originando outros de densidade superior. Posto isto, considera-se que os 670 km, representam uma mudança composicional e física dos materiais, separando o manto superior do manto inferior. Esta é também a profundidade máxima conhecida a que se originam sismos (Plummer et al., 2016).

O manto superior, situado entre o Moho e os 670 km, consiste essencialmente em rochas ultramáficas, como o peridotito, que são rochas ígneas de elevada densidade e compostas, maioritariamente, por olivina e piroxenas. No manto superior distingue-se também a zona de transição, entre os 400 e os 670 km, onde a olivina se converte em espinelas, enquanto as piroxenas originam minerais de estrutura semelhante às granadas (Plummer et al., 2016; Tarbuck & Lutgens, 2017). Já no manto inferior, dos 670 aos 2 900 km, tanto as piroxenas como as olivinas dão lugar a um mineral muito denso, designado perovskite (Tarbuck & Lutgens, 2017). A individualização desta zona de transição prende-se com as duas importantes mudanças de fases, que correspondem a alterações drásticas na estrutura dos minerais de olivina, traduzindo-se numa alteração da composição mineralógica da rocha, mas mantendo-se a composição química (Grotzinger & Jordan, 2014).

A terceira camada estruturante e a mais central é o núcleo. Esta camada é composta essencialmente, pelos elementos metálicos ferro e níquel e estende-se dos 2 900 km até ao centro do planeta (Grotzinger & Jordan, 2014; Plummer et al., 2016). Cálculos de densidade dos materiais mostram que se pode distinguir dentro do núcleo duas zonas de composição geral idêntica, cuja fronteira se situa nos 5 150 km de profundidade. A zona mais central, denominada núcleo interno, apresenta uma densidade ligeiramente superior à zona mais externa, o núcleo externo, o que leva a supor que possa apresentar na sua composição alguns elementos mais leves, como oxigénio e enxofre, ainda que em quantidade reduzida, enquanto o valor de densidade calculado para o núcleo interno é consistente com uma liga ferro-níquel quase pura (Grotzinger & Jordan, 2014).

2.4.5.2 Modelo geofísico

Considerando o estado físico dos materiais, pode dividir-se a geosfera em cinco camadas concêntricas (Figura 20). Partindo da superfície do planeta em direção ao seu centro, a primeira camada de geosfera que se encontra é a litosfera. Esta caracteriza-se por estar no estado sólido frágil, sendo composta pela crosta e pelo manto superior. A litosfera está fragmentada em placas de grandes dimensões, designadas placas tectónicas ou placas litosféricas. Em termos de espessura, esta camada estende-se, aproximadamente, até aos 70 km, sob os oceanos, e até aos 125 a 250 km, sob os continentes (Plummer et al., 2016).

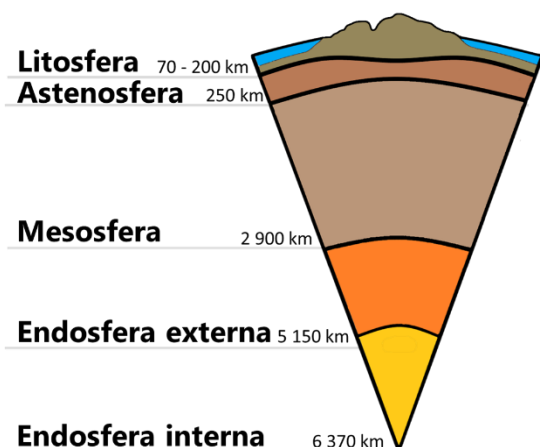


Figura 20 - Esquema simplificado do interior da geosfera, dividida em cinco camadas, de acordo com o comportamento físico dos materiais encontrados em cada uma. De notar que os valores de profundidade apresentados podem oscilar ligeiramente consoante os autores consultados. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016).

As placas litosféricas deslocam-se graças às correntes de convecção nos materiais da camada subjacente, designada astenosfera, que é composta por materiais dúcteis, no estado sólido com comportamento plástico, e estende-se, em média, até 250 km de profundidade (Plummer et al., 2016).

O comportamento dúctil dos seus materiais resulta das condições de pressão e temperatura que os colocam perto do seu ponto de fusão, podendo mesmo existir rocha parcialmente fundida, em anatexia, originando uma espécie de massa líquida e cristalina em simultâneo. O facto das rochas se encontrarem próximas do ponto de fusão faz com que esta seja, muito possivelmente, a zona onde as plumas magmáticas têm origem, além de possibilitar o movimento das placas litosféricas subjacentes (Plummer et al, 2016).

O movimento das placas tectónicas está dependente das correntes de convecção que se formam nesta camada. Quando os materiais viscosos da astenosfera aquecem, tornam-se menos densos e ascendem, em oposição, aos materiais que já no topo da camada veem a sua temperatura baixar, tornando-os mais densos, o que os faz afundar, criando uma corrente de convecção (Figura 21) (Grotzinger & Jordan, 2014).

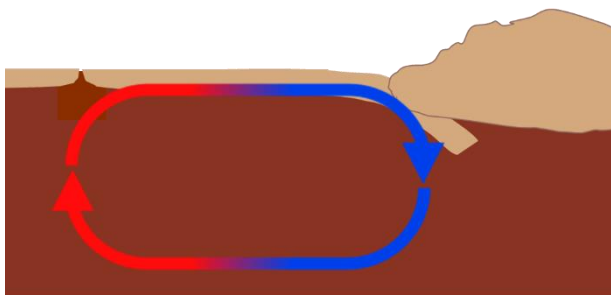


Figura 21 - Representação simplificada das correntes de convecção na astenosfera. Os materiais que se encontram a temperaturas mais elevadas tendem a ascender nas zonas de riftes e *hotspots* enquanto os materiais mais frios, e por isso mais densos, afundam nas zonas de subducção. (A representação não está à escala; adaptado de Plummer, Carlson & Hammersley, 2016).

Na parte superior desta zona, entre os 70 e os 125 km (pode atingir os 250 km), localiza-se a *zona de baixa velocidade*, assim denominada porque as ondas sísmicas, ao atravessarem esta zona, sofrem uma redução da sua velocidade (Grotzinger & Jordan, 2014; Plummer et al., 2016).

Fazendo o paralelismo com o modelo químico, a astenosfera faz parte do manto superior que se divide em três partes, em que a primeira que faz parte da litosfera. Imediatamente abaixo desta, situa-se a astenosfera e, por fim, a zona de transição, que vai, aproximadamente, dos 400 até 670 km de profundidade (Tarbuck & Lutgens, 2017).

Entre os 670 e 2 900 km de profundidade, encontra-se o manto inferior ou mesosfera (Tarbuck & Lutgens, 2017) que se apresenta relativamente homogêneo, apesar de também registrar algum movimento de convecção e de poder realizar trocas de matéria com o manto superior (Grotzinger & Jordan, 2014).

Os limites internos do manto poderão não ser exatos, uma vez que, através de dados de tomografia geofísica se obtêm imagens do interior do manto e que parecem indicar que é bastante heterogêneo. Esta heterogeneidade poderá ser explicada por variações de temperatura, composição e densidade dos materiais rochosos (Plummer et al., 2016).

Aos 2 900 km de profundidade, encontra-se a descontinuidade de Gutenberg, a qual marca uma das mais extremas mudanças de propriedades do interior da geosfera, a fronteira entre a mesosfera e a endosfera externa. Nesta fronteira verifica-se a passagem de uma zona de rocha silicatada sólida para uma liga de ferro e níquel líquida, o que faz com que esta seja uma fronteira extremamente bem definida, provocando importantes processos de reflexão sísmica e de redução drástica da velocidade de propagação das ondas P (as ondas S simplesmente deixam de se propagar) (Grotzinger & Jordan, 2014).

Além de bem definida, esta fronteira aparenta também ser uma região muito ativa da geosfera, pelo que, nos últimos 200 km de manto, se verificam alterações acentuadas na velocidade das ondas sísmicas, na densidade das rochas e na temperatura dos materiais (Grotzinger & Jordan, 2014). Pela quebra de velocidade sísmica, esta zona é designada zona de velocidade ultra-baixa (*ultralow velocity zone* - ULVZ), sendo genericamente conhecida por camada D (Plummer et al., 2016).

A existência desta camada ainda não é bem compreendida, podendo indicar que a bordadura do manto em contacto com o núcleo externo seja parcialmente fundida. Por outro lado, apesar das elevadas temperaturas do núcleo externo, o manto inferior não está fundido, uma vez que, as ligas metálicas de ferro fundem a uma temperatura inferior aos silicatos (Grotzinger & Jordan, 2014).

Várias evidências apontam para que esta camada seja o ponto de origem das plumas térmicas responsáveis pelos *hotspots* como, por exemplo, o do Hawai (Grotzinger & Jordan, 2014). Ainda assim, muitas são as questões que prevalecem sobre esta região do interior da Terra. Um dos maiores desafios da geofísica, num futuro próximo, é precisamente compreender a origem da camada D, tentando decifrar se esta resulta de

uma fusão parcial do manto ou de uma reação química entre os materiais do núcleo e do manto (Plummer et al., 2016).

O núcleo divide-se em duas camadas, das quais a endosfera externa, que se estende dos 2 900 aos 5 150 km de profundidade, e a endosfera interna, abaixo do anterior. A externa encontra-se no estado líquido e, à semelhança do que acontece na astenosfera, formam-se correntes de convecção que distribuem o calor por toda a camada, sendo também responsáveis pela origem do campo magnético terrestre, como se viu anteriormente (Grotzinger & Jordan, 2014).

A endosfera interna, sólida, apresenta um raio de 1 220 km e encontra-se suspensa no interior da endosfera externa. O estado sólido deve-se à elevada pressão gerada e que é capaz de se sobrepor aos pontos de fusão possíveis a esta profundidade. (Grotzinger & Jordan, 2014).

Posteriormente ao reconhecimento das camadas que constituem o interior da geosfera e de se perceber o modo como elas foram identificadas, resta apenas compreender a sua origem. Considerando a teoria nebular da formação do sistema solar, sabe-se que a Terra se terá formado a partir da acreção de materiais e que, durante algum tempo, esteve sujeita a impactos de fragmentos rochosos a elevada velocidade. Estes impactos resultaram num aumento da temperatura do planeta. Eventualmente, a Terra aqueceu o suficiente para levar à fusão de elementos como o ferro e o níquel que, por ação da gravidade, migraram para o centro do planeta. Este processo de diferenciação gravítica originou o núcleo metálico que hoje se conhece. Ao mesmo tempo, os materiais menos densos ascenderam à superfície do planeta e solidificaram, originando uma versão primitiva da crosta terrestre. Desta forma, através deste longo intervalo de segregação química, estabeleceram-se as três divisões principais do interior do planeta, o núcleo rico em ferro, a crosta primitiva e o manto (Tarbuck & Lutgens, 2017).

3. Metodologia

3.1 Caracterização da escola

O estágio pedagógico realizou-se na Escola Secundária D. Duarte, inserida no Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste e localizada junto à margem Sul do rio Mondego. Esta instituição conta já com 50 anos de funcionamento, tendo sido inaugurada como Liceu Nacional de D. Duarte, a 17 de abril de 1969, dia de grande significado na luta estudantil, especialmente importante em Coimbra, dado ser também a data de inauguração do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra, onde os estudantes se insurgiram contra a ditadura dando azo à famosa greve académica de 69. Assim, o presente ano letivo (2018/2019) foi marcado pelas comemorações dos 50º aniversário da escola e da crise académica que teve direito a uma exposição realizada nos átrios desta instituição.

A escola, apesar da designação “escola secundária”, engloba também o 3º ciclo do Ensino Básico e seis cursos de Ensino Profissional. No ensino secundário estão disponíveis os cursos científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias e de Línguas e Humanidades. No Ensino Profissional estão disponíveis os cursos de Animador Sociocultural; Técnico Auxiliar de Farmácia; Técnico de Cozinha-Pastelaria; Técnico de Gestão e Programação de Sistemas Informáticos; Técnico de Recursos Florestais e Ambientais; e Técnico de Restaurante-Bar.

3.2 Caracterização das turmas

O trabalho do estágio pedagógico foi realizado com duas turmas distintas, uma de 11º ano do curso de Ciências e Tecnologias, o 11ºA e uma de 7º ano do ensino básico, a única turma deste ano de escolaridade nesta escola, o 7º I.

A turma de 11º ano, era composta por 26 alunos, de idades compreendidas entre os 16 e 18 anos. De modo geral, este foi um grupo homogéneo em questões atitudinais e comportamentais, mas bastante heterogéneo no aproveitamento escolar, contando inclusive com alguns alunos que se encontravam apenas inscritos às disciplinas específicas (Biologia e Geologia e Física e Química). As aulas de 135 minutos do 11º ano funcionaram no laboratório, onde os alunos se repartiam por bancadas de dois lugares e onde apenas cabe metade da turma. Neste horário, a turma encontrava-se dividida entre o laboratório de Biologia e Geologia e o de Física e Química. As outras duas aulas semanais de 90 minutos decorreram numa sala de aula dita “normal”, com mesas duplas

viradas para o quadro e organizadas em filas, o que dificulta a circulação do professor pela sala.

A turma de 7º ano compreendia 23 alunos, com idades entre os 12 e 15 anos. Apesar de ter 23 alunos inscritos, esta turma funcionou grande parte do ano com apenas 20, devido a transferências de escola logo após o arranque do ano letivo. Esta era uma turma piloto com um projeto educativo especial que tinha como principais objetivos obter 100% de aprovações e desenvolver competências pessoais e sociais dos alunos. Este projeto contemplava horas próprias para o desenvolvimento de projetos variados, bem como, a premissa de que cerca de 20% das aulas de cada disciplina teriam que ser lecionadas fora da sala de aula (o que não foi cumprido). Tudo isto associado à possibilidade de os professores cruzarem aulas de disciplinas distintas cujos conteúdos assim o permitissem, trabalhando uma dinâmica de interdisciplinaridade.

Desde o início do ano letivo que o 7º se apresentou como uma turma difícil do ponto de vista dos comportamentos e atitudes, o que dificultou sistematicamente o funcionamento das aulas, acabando mesmo por impedir a realização de algumas atividades. Apesar da forte ligação que a turma mostrou ter com alguns docentes, verificou-se um constante ambiente de indisciplina nas aulas, tendo-se mesmo vivido momentos de grande tensão, devido a comportamentos desafiantes por parte de alguns alunos em relação aos professores e também a comportamentos de *bullying* com alguns elementos do grupo turma.

Relativamente às salas de aulas onde decorreram as aulas do 7º ano, esta turma tinha uma aula semanal no laboratório, de 90 minutos, em que a turma também se encontrava dividida em turnos com a Físico-Química. Além da aula por turnos tinham mais uma aula semanal de 45 minutos, numa sala onde a turma se encontrava toda junta com as mesas dispostas em “U”. Esta disposição da sala de aula permitiu uma melhor circulação do professor facilitando o processo de ensino-aprendizagem e promovendo a aprendizagem cooperativa.

3.3 Seleção dos temas

A seleção dos temas a lecionar foi realizada com base nos documentos oficiais que estabelecem os conteúdos de Biologia e Geologia do 11º ano, as orientações curriculares publicadas em 2003, e das Ciências Naturais do 7º ano, as aprendizagens essenciais publicadas em 2018, e no número de aulas que os professores estagiários iriam lecionar em cada turma, aproximadamente 6 aulas. Foi também considerado o tempo necessário à

preparação dos recursos didáticos e planificações das aulas, bem como, as datas de término da lecionação, dado que estas não deveriam aproximar-se demasiado do final do ano letivo.

As aulas de Biologia e Geologia incidiram na componente de Biologia, tendo sido selecionados os temas “Crescimento e renovação celular” e “Meiose e reprodução sexuada”. Na disciplina de Ciências Naturais, os conteúdos lecionados incidiram na componente de Geologia, concretamente na temática da “Estrutura interna da Terra”.

3.4 Recursos e estratégias

3.4.1 Planificação

A planificação a longo e médio prazo, dita anual e por períodos, foi delineada pelos professores do grupo disciplinar antes do arranque do ano letivo com efeito em todas as escolas do agrupamento.

Apesar de a planificação estar definida, à data da chegada dos professores estagiários, por sugestão do orientador cooperante, foi redigida uma proposta, a longo e médio prazo, conjunta com os três estagiários, para as disciplinas de Biologia e Geologia do 11º ano (Anexo I e Anexo III) e Ciências Naturais do 7º ano (Anexo II e Anexo IV). O objetivo foi colocar os estagiários na situação do grupo disciplinar de modo a que pudessem compreender as dificuldades e os pontos fulcrais a ter em consideração. As propostas construídas seguiram os documentos orientadores para o presente ano letivo e foram, na sua maioria, ao encontro da planificação realizada pelo grupo disciplinar do agrupamento.

Tendo em conta que ao longo do ano letivo as aulas iam ser lecionadas por quatro professores (o professor cooperante e os três estagiários) com métodos de trabalho distintos, procurou realizar-se um ajuste entre o nível das atividades e as metodologias a que os alunos estavam habituados e os métodos a que cada professor estagiário recorreu para lecionar as suas aulas. Este ajuste pretendia que a realização das aulas decorresse de maneira fluída e que os alunos não sentissem uma mudança demasiado abrupta entre as diferentes formas de lecionar.

Confrontar os discentes com diferentes métodos foi tido como vantajoso, especialmente na turma de 11º ano, uma vez que os preparava para reagir a abordagens diferenciadas, podendo tal estratégia mostrar-se profícua para a realização do exame nacional. O mesmo não acontece com a turma de 7º ano, onde uma mudança demasiado

acentuada no tipo de atividades se tornaria, por inerência ao comportamento e postura dos alunos na sala de aula, um motivo de distração e desordem até se reajustarem às novas atividades.

Foram planificadas seis aulas, de Biologia, para o 11º ano (exemplo na Figura 22) e sete aulas, de Geologia, para o 7º ano (exemplo na Figura 23). A planificação das lições focou os objetivos de cada aula, as estratégias a implementar para alcançar esses objetivos e delineou um plano flexível para o decorrer das atividades. No final de cada planificação foi deixado um espaço em branco, designado “observações”, para que o professor pudesse aí tomar notas no decurso da aula, quando necessário. Este espaço mostrou-se muito útil no decorrer das práticas letivas, na medida que permitiu gerir o *feedback* dos orientadores científicos e cooperante e comparar estas observações com a percepção do professor estagiário. Ao mesmo tempo serviu para anotar tópicos que teriam que ser alterados para a aula seguinte.

Neste formato de planificação, destaca-se o espaço, designado “desenvolvimento da aula”, que facilitou a conceção dos vários momentos. A sua redação mostrou ser um importante momento de reflexão sobre a forma como se iria colocar o processo de ensino-aprendizagem em curso de modo a atingir os objetivos propostos.

“Matemática da vida – Dividir e Multiplicar”

Biologia e Geologia 11ºano, Unidade 5 – Crescimento e renovação celular

Planificação aula 18

Data: 29 de outubro de 2018

Tempo disponível: 90 min

Sumário

Crescimento e regeneração de tecidos

Processo de diferenciação celular

Assunto/Tema
Crescimento e regeneração de tecidos - Diferenciação celular
Conteúdos (conceitos)
Diferenciação celular (célula indiferenciada e célula diferenciada)
Questões orientadoras
Que mecanismos são responsáveis pelo crescimento e regeneração de tecidos? Como é que células embrionárias se desenvolvem em células especializadas? Que relação existe entre os processos de diferenciação celular e os genes? Como é que células com a mesma informação genética têm formas e funções tão diferentes?
Objetivos
Avaliar o papel da mitose nos processos de crescimento, reparação e renovação de tecidos e órgãos em seres pluricelulares. Compreender que as diferenças estruturais e funcionais que existem entre as células de um organismo multicelular resultam de processos de diferenciação. Apreender a diferenciação celular como processo que envolve regulação da transcrição e tradução de genes. Reconhecer que a capacidade que uma célula tem de originar outros tipos de células especializadas é, em geral, tanto maior quanto menor for a sua diferenciação. Discutir a possibilidade de os processos de diferenciação celular poderem ser afetados por agentes ambientais.
Estratégias e recursos
Aplicar um teste diagnóstico (10 a 20 minutos) no início da aula. Analisar e refletir sobre a importância da mitose para o crescimento, recorrendo a uma apresentação de <i>PowerPoint</i> . Relacionar o crescimento com a capacidade de regeneração de alguns organismos. Recursos: exemplo histórico dos navegadores; das estrelas do mar (diapositivo 6) e exemplo do tritão (dispositivo 7). Questionar se, no caso de organismos multicelular complexos como o Homem, a mitose será suficiente para garantir a formação de um indivíduo completo. Recurso: <i>brainstorming</i> sobre tipos celulares existentes no corpo humano introduzir o conceito de diferenciação celular e de célula estaminal.

Figura 22 - Planificação a curto prazo do tema de Biologia, Crescimento e renovação celular, lecionado no 11º ano.

Investigar os tipos de células estaminais. Recurso: esquema do diapositivo 11 da apresentação. Analisar e discutir a experiência “Como se regula a expressão dos genes?”. Recurso: ficha de trabalho. Analisar e discutir as experiências do manual escolar adotado (pág. 61).
Indicadores de aprendizagem
O aluno identifica a mitose como processo essencial para o crescimento de organismos O aluno é capaz de explicar os conceitos de célula estaminal e célula especializada O aluno identifica o processo de diferenciação celular como sendo responsável pela diferenciação das células estaminais em células especializadas
Avaliação
Observação direta e preenchimento da <i>Grelha de observação da aula</i> , focando aspetos comportamentais e procedimentais.
Desenvolvimento da aula
(1) Aplicação do teste diagnóstico logo no início da aula. (2) Integração dos conteúdos com as aulas anteriores, partindo de um esquema sobre a importância da mitose, construído aquando do ensino da mesma, e questionando os alunos de que modo é que este processo de divisão celular se relaciona com o crescimento, renovação celular e regeneração de tecidos (diapositivos 4 e 5). (3) Introdução dos conceitos de célula indiferenciada e célula diferenciada (e todos os conceitos a estes ligados: célula estaminal, célula totipotente, pluripotente, multipotente, unipotente ou especializada) com recurso à resolução da atividade prática de papel e lápis do manual escolar adotado (pág. 61) e à análise de um esquema (diapositivos 8, 9 e 10) Explicação da capacidade de regeneração que se verifica em alguns animais como as estrelas do mar ou os tritões (diapositivos 11 e 12), questionando os alunos (4) Introdução do conceito de diferenciação celular, utilizando a questão “Que tipos de células humanas conheces?” Com as respostas dos alunos seguir o raciocínio de que num só organismo existem muitas células diferentes, mas sendo um só organismo, todas as células apresentam a mesma informação genética no seu núcleo. Sendo assim, como é que células com a mesma informação genética têm formas e funções tão diferentes? Analisar um esquema com os alunos sobre a capacidade de diferenciação dos vários tipos de células (diapositivos 13 e 14). “De que modo ocorre concretamente a diferenciação celular?” Os alunos analisam a o esquema da ficha de trabalho “Como se regula a expressão dos genes?” em grupo turma e concluem que existem genes cuja função é regular a atividade de outros genes (diapositivos 15, 16 e 17).
Bibliografia
Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P.V., & Reece, J. B. (2017). <i>Campbell Biology</i> . (11 th ed.). New York, USA: Pearson Education, Inc. Mader, S. S., & Windelspecht, M. (2018). <i>Human biology</i> (15 th ed.). New York, USA: McGraw Hill Education. Sadava, D. E., Hillis, D. M., & Heller, H. C. (2011). <i>Life: The science of biology</i> (9 th ed.). USA: W. H. Freeman Gilbert, S. F. (2010). <i>Developmental biology</i> (9 th ed.). Sunderland, USA: Sinauer Associates, Inc.
Observações

Figura 22 (continuação) - Planificação a curto prazo do tema de Biologia, Crescimento e renovação celular, lecionado no 11º ano.

“Viagem ao centro da Terra”

Ciências Naturais 7ºano, Tema: A Terra em transformação, Subtema: Consequências da dinâmica interna da Terra

Planificação da aula nº57

Data: 18 de fevereiro de 2019

Tempo disponível: 45 min

Sumário

Realização do teste diagnóstico

Estudo da estrutura interna da Terra.

Métodos para o estudo do interior da Terra: métodos diretos

Assunto/Tema
Estrutura interna da Terra
Conteúdos (conceitos)
Métodos diretos para o estudo do interior da Terra
Questões orientadoras
Como se pode conhecer o interior da Terra? Qual a importância do progresso da ciência e tecnologia para o conhecimento do interior do nosso planeta? O que são métodos diretos? Que tipos de métodos diretos existem?
Objetivos
Compreender o carácter dinâmico e interdisciplinar do conhecimento científico. Relacionar os avanços tecnológicos com o progresso científico. Reconhecer as dificuldades do estudo do interior da Terra. Conhecer métodos diretos de estudo do interior da Terra. Relacionar a inacessibilidade do interior da Terra com as limitações dos métodos diretos.
Estratégias e recursos
Aplicar um teste diagnóstico no início da aula. Refletir sobre a estrutura interna da Terra e sobre o modo como esta poder ser estudada de forma direta, recorrendo ao quadro interativo, a uma apresentação de <i>PowerPoint</i> e a algumas amostras de rochas da coleção da escola. A aula será, em parte, expositiva, fomentando o diálogo com os alunos, o questionamento e a utilização do quadro interativo, chamando alunos a intervir e a contribuir para a discussão
Indicadores de aprendizagem
O aluno é capaz de explicar em que se baseiam os métodos diretos de estudo do interior da Terra. O aluno identifica exemplos de métodos diretos.

Figura 23 - Planificação a curto prazo, ou seja, por aula, do tema de Geologia, Estrutura interna da Terra, lecionado no 7º ano.

Avaliação
Observação direta e preenchimento da <i>Grelha de observação da aula</i> , focando aspetos comportamentais e procedimentais.
Desenvolvimento da aula
(1) Aplicação do teste diagnóstico no início da aula.
(2) Introdução ao estudo do interior da Terra com recurso à questão moderadora “Como se pode conhecer o interior da Terra?”, levando os alunos a discutir sobre a impossibilidade de observar diretamente as zonas mais internas do planeta. A partir deste ponto, a discussão será encaminhada no sentido de se concluir sobre a existência dos dois tipos de métodos de estudo, diretos e indiretos, do interior da Terra.
(3) Identificação e caracterização dos métodos diretos para o estudo do interior da Terra, com recurso a uma apresentação em <i>PowerPoint</i> (diapositivos 5 a 12) e a algumas amostras de rochas da coleção da escola.
Bibliografia
Grotzinger, J., & Jordan, T.H., (2014). <i>Understanding Earth</i> . USA: W. H. Freeman and Company.
Marshak, S. (2013). <i>Essentials of Geology</i> . (4 th ed). New York. USA: W. W. Norton & Company.
Observações

Figura 23 (continuação) - Planificação a curto prazo, ou seja, por aula, do tema de Geologia, Estrutura interna da Terra, lecionado no 7.º ano.

3.4.1 Avaliação diagnóstica (pré-teste e pós-teste)

A avaliação diagnóstica é um importante ponto de partida num processo de ensino-aprendizagem que almeja resultar numa aprendizagem significativa dos conteúdos e pelo facto de permitir apurar os conhecimentos prévios dos alunos.

Neste âmbito foram desenhados dois testes de avaliação diagnóstica de diferente grau de complexidade e exigência, conforme o nível de ensino a que se destinavam. Estes testes foram aplicados em dois momentos a cada turma. Uma primeira vez, antes de se iniciar o estudo dos conteúdos em avaliação, ao qual chamaremos pré-teste; e uma segunda vez, no final da leccionação, o pós-teste. Esta dupla aplicação do mesmo questionário permitiu uma análise comparativa das respostas dos alunos.



Em todas as questões foi disponibilizada a alternativa de resposta “Não Sei”, numa tentativa de eliminar as respostas ao acaso. Para a formulação das questões foram tidos em conta conteúdos de temas lecionados anteriormente e alguns conhecimentos considerados como “conhecimento comum”.

O teste de avaliação diagnóstica, construído para os conteúdos de Biologia e aplicado na turma de 11º ano (Figura 24), é constituído por quatro questões de escolha múltipla, oito itens de verdadeiro ou falso (V/F), um item de resposta aberta, uma questão composta por dois itens de interpretação de gráfico e mobilização de conhecimentos e uma questão de associação com cinco conceitos.

As questões de escolha múltipla (questão 1) e V/F (questão 2) incidiram, essencialmente, em conteúdos previamente lecionados, tal como, a questão 4 que implicou a análise de um gráfico e a mobilização de conhecimentos relativamente ao ciclo celular. A questão 5, associação de conceitos, também remetia para conteúdos previamente lecionados, na sua maioria, conceitos ligados à estrutura do DNA. A questão 3, de resposta aberta, dizia respeito ao conceito de fecundação. Esta questão pretendia avaliar a possível existência de concepções alternativas num conceito que se pode considerar pertencer ao senso comum.

O teste de avaliação diagnóstica, construído para os conteúdos de Geologia e aplicado na turma de 7º ano (Figura 25), incluiu quatro questões de escolha múltipla e seis itens V/F. Nas questões de escolha múltipla, pelo menos três, relacionavam-se diretamente com os conteúdos anteriormente lecionados pelo professor cooperante sobre a Teoria da Tectónica de Placas, e pelo colega estagiário João Silva sobre Sismologia. A questão 4 procurava, sobretudo, avaliar a existência de concepções alternativas relativamente ao interior do planeta Terra. O foco dos itens de V/F foi muito semelhante ao

das escolhas múltiplas, incidindo, maioritariamente, nos conhecimentos ligados à tectónica de placas.

	ES D. Duarte		Curso Científico-Humanísticos Biologia e Geologia-11ºA Ano Letivo 2018/2019
---	--------------	---	---

Biologia 11º ano	
Teste diagnóstico Crescimento e renovação celular e Reprodução sexuada	
Nome: _____	Data: ___/___/___

Leia atentamente as questões antes de responder!

1. Nas afirmações que se seguem assinale, com uma cruz (x), a a opção que considerar mais adequada.

1.1 A molécula de DNA é replicada por processos ...

- a) conservativos da extremidade 5' para 3'
- b) conservativos da extremidade 3' para 5'
- c) **semiconservativos da extremidade 5' para 3'**
- d) dispersivos da extremidade 5' para 3'
- e) Não sei

1.2 Num organismo pluricelular adulto...

- a) não existem células estaminais
- b) todo o DNA está ativo em todas as células do organismo
- c) **todas as células têm a mesma informação genética, expressando apenas alguns genes**
- d) as células possuem apenas os genes que necessitam para a realização da sua atividade específica
- e) Não sei

1.3 As células estaminais ...

- a) **têm uma grande capacidade de divisão**
- b) existem apenas no embrião
- c) são sempre totipotentes
- d) não se conseguem obter em laboratório
- e) Não sei

1.4 Relativamente à citocinese pode afirmar-se:

- a) ocorre sempre através da formação de um anel de estrangulamento da membrana
- b) nas bactérias ocorre por deposição e fusão de vesículas no plano equatorial da célula
- c) ocorre no final da anáfase
- d) **corresponde à divisão do citoplasma**
- e) Não sei

Figura 24 - Teste diagnóstico aplicado à turma de 11º ano antes e depois da lecionação dos temas da Biologia, “Crescimento e renovação celular” e “Meiose e reprodução sexuada”. A azul encontra-se a proposta de correção das questões.

2. Nas afirmações que se seguem coloque verdadeiro (V), falso (F) ou não sei (NS).

- a) Os indivíduos adultos não apresentam células estaminais **Falso**
- b) A reprodução sexuada é mais vantajosa do ponto de vista da biodiversidade **Verdadeiro**
- c) A meiose é o processo inverso da mitose **Falso** (Ambos os processos são de divisão nuclear. A mitose origina duas células idênticas entre si e à célula mãe e ocorre nas células somáticas. A meiose origina quatro células-filhas distintas entre si e da célula-mãe e ocorre na formação dos gametas)
- d) A clonagem é um processo exclusivamente artificial **Falso** (Nos processos de reprodução assexuada, os descendentes são geneticamente idênticos ao organismo/célula que os originou, sendo por isso clones.)
- e) As células da medula óssea são indiferenciadas **Verdadeiro** (São células estaminais multipotentes, originam todas as células do tecido sanguíneo)
- f) Os gametas originam-se por meiose **Verdadeiro**
- g) Já existem clones de mamíferos **Verdadeiro**
- h) A mitose é o único processo de divisão celular **Falso** (Primeiro porque a mitose não é um processo de divisão celular mas sim de divisão nuclear. Segundo porque mesmo considerando a divisão nuclear, esta pode dar-se por mitose ou por meiose)

3. O que entende por fecundação?

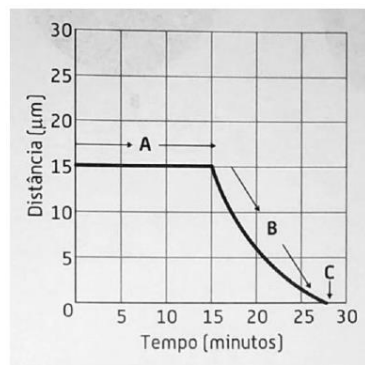
Fecundação é a fusão entre o núcleo do gameta masculino (espermatozoide, célula haploide (n)) e do feminino (oócito, célula haploide (n)), que resulta na formação de uma célula diploide (2n), o ovo ou zigoto.

4. A figura representa a distância (em micrómetros) entre os cromossomas e os polos durante a mitose.

4.1 Faça corresponder a cada uma das letras assinaladas no gráfico uma fase da mitose e justifique.

A – Metafase – cromossomas dispostos no plano equatorial, ou seja, o mais distante que podem estar dos polos da célula

B – Anafase – os cromossomas estão a migrar para os polos da célula, ou seja, a distância está progressivamente a diminuir



Matias, Ó, & Martins, P. (2008) *Biologia geologia 11 caderno de apoio ao professor*. Porto: Areal editores. Pag 51

Figura 24 (continuação)- Teste diagnóstico aplicado à turma de 11º ano antes e depois da leção dos temas da Biologia, “Crescimento e renovação celular” e “Meiose e reprodução sexuada”. A azul encontra-se a proposta de correção das questões.

C- Fim da anafase / telófase – os cromossomas atingem os polos da célula

4.2 Considere que a célula inicial possui 23 pares de cromossomas. Quantos cromossomas possuirá cada célula-filha?

46 cromossomas

5. Faça corresponder os conceitos da coluna A às afirmações da coluna B.

A	B
1. Cromatídeo	a) Cadeia polinucleotídica simples
2. Mitose	b) Sequencia de três nucleótidos de mRNA
3. RNA	c) Cadeia polinucleotídica dupla enrolada em dupla hélice
4. Codão	d) Componente do cromossoma constituído por uma molécula de DNA
5. DNA	e) Processo de divisão nuclear
	f) Molécula resultante da transcrição do DNA
	g) Processo que antecede a citocinese no ciclo celular
	h) Molécula presente no núcleo das células

1 – d)

2 – g) e e)

3- a) e f)

4 – b)

5 – c) e h)

Figura 24 (continuação)- Teste diagnóstico aplicado à turma de 11º ano antes e depois da leção dos temas da Biologia, “Crescimento e renovação celular” e “Meiose e reprodução sexuada”. A azul encontra-se a proposta de correção das questões.

Ciências Naturais - 7º ano

Teste diagnóstico: Estrutura Interna da Terra

Nome: _____ Data: __/__/____

Leia atentamente as questões antes de responder!

1. Nas afirmações que se seguem assinale, com uma cruz (x), a opção que considerar mais adequada. Sempre que não souber a resposta deve indicar a opção que diz “**Não sei**”. Este teste não será contabilizado para avaliação final.

1.1 Nas zonas de subducção, a placa mais densa mergulha para o interior da Terra e os seus materiais rochosos são destruídos ...

- a) no manto inferior
- b) na astenosfera**
- c) no fundo dos oceanos
- d) Não sei.

1.2 As placas tectónicas são porções de ...

- a) crosta exclusivamente continental
- b) litosfera**
- c) crosta continental e/ou oceânica
- d) Não sei.

1.3 Os sismos são movimentos bruscos que têm origem ...

- a) na crosta**
- b) no manto
- c) no núcleo
- d) Não sei.

Figura 25 - Teste diagnóstico aplicado à turma de 7º ano antes e depois da lecionação do tema de Geologia, “Estrutura interna da Terra”. A azul encontra-se a proposta de correção das questões.

1.4 O interior da Terra ...

- a) é oco
- b) é constituído por rocha sólida
- c) é constituído por diversos materiais em vários estados físicos**
- d) Não sei.

2 Nas afirmações que se seguem coloque verdadeiro (**V**), falso (**F**) ou não sei (**NS**).

- _F_**a) As placas litosféricas deslocam-se sobre uma camada interna da Terra onde os materiais se encontram no estado sólido.
- _F_**b) Os materiais extruídos pelos vulcões vêm do núcleo do planeta.
- _V_**c) A temperatura dos materiais aumenta com a profundidade.
- _V_**d) É impossível observar diretamente materiais do centro da Terra.
- _F_**e) As correntes de convecção do manto devem-se ao facto de todos os materiais do interior da Terra estarem à mesma temperatura.
- _V_**f) A camada interna da Terra sobre a qual as placas litosféricas se deslocam designa-se astenosfera.

Bom trabalho!
Cristina Figueiredo

Figura 25 (continuação)- Teste diagnóstico aplicado à turma de 7º ano antes e depois da leccionação do tema de Geologia, “Estrutura interna da Terra”. A azul encontra-se a proposta de correção das questões.

3.4.1 Grelhas de observação de aulas

Como mencionado na secção 2.1.8, as grelhas de observação são uma ferramenta de extrema importância no registo de comportamentos e atitudes dos alunos. Partindo desta premissa foram construídas diferentes grelhas de observação de aulas para cada um dos níveis lecionados e cujos indicadores se adaptaram aos objetivos e exigências do respetivo nível escolar, apesar de uma base comum.

No 11º ano (Figura 26), foi dada mais importância ao raciocínio científico, focando a capacidade de argumentação e de colocação de questões de forma crítica e estruturada. No 7º ano (Figura 27) o maior enfoque foi nas atitudes e comportamentos sociais dos alunos.

Grelha de observação da aula nº__

Indicadores Aluno	Traz o material	Revela espírito crítico	Mostra empenho/motivação	Participa ordeiramente	Coloca questões adequadas	Revela capacidade de trabalho colaborativo	Exprime-se com clareza	Formula argumentos válidos e fundamentados

Escala: 0- Não satisfaz, 1- Satisfaz, 2-Bom; 3- Muito bom

Figura 26 - Grelha de registo de observação das aulas do 11º ano.

Grelha de observação da aula nº ____

Indicadores	Traz o material	Está atento e concentrado	Revela espírito crítico	Mostra empenho/motivação	Participa ordenadamente	Coloca questões adequadas	Revela capacidade de trabalho colaborativo	Exprime-se com clareza	Regista as aulas	Mostra respeito pelos colegas / professores	Adquire competências de pesquisa
Aluno											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
15.											
[Redacted]											
[Redacted]											
17.											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
[Redacted]											
22.											
[Redacted]											

Esca: 0- Não satisfaz, 1- Satisfaz, 2-Bom; 3- Muito bom

Figura 27 - Grelha de registo de observação das aulas do 7º ano.

3.4.1 *PowerPoint* e quadro interativo

Foram utilizadas diferentes metodologias de apresentação dos conteúdos programáticos. O principal formato utilizado foi o *PowerPoint*, tanto nas aulas de 11º ano (Figura 28) como nas do 7º ano (Figura 29). Estas apresentações foram construídas de modo a servirem de base ao trabalho da professora e com o objetivo de conduzir a aula de forma lógica, dinâmica e cativante para os alunos.

O recurso ao *PowerPoint* foi uma decisão baseada na posição privilegiada que esta ferramenta dá à utilização de figuras e esquemas, o que, associado às potencialidades do quadro interativo, permitiu explorar esquemas distintos dos que normalmente são apresentados no manual escolar e que, por vezes, são mais completos ou com perspetivas diferentes e ainda realizar exercícios interativos no quadro.

Na construção das apresentações de *PowerPoint*, recorreu-se, sempre que possível, a esquemas e figuras diversificadas de modo a ter uma sequência lógica de acontecimentos, que fosse ao encontro do descrito na planificação das aulas e que, simultaneamente, servisse de apoio ao professor estagiário. Houve ainda uma acentuada preocupação estética com os diapositivos, para garantir uma linha gráfica constante, atrativa e lógica, para facilitar o acompanhamento da aula por parte dos alunos e posterior utilização dos diapositivos no estudo individual.

Cada diapositivo desenhado ou elemento selecionado foram pensados com um propósito prático na aula, desde contextualizar um determinado conceito em conteúdos previamente aprendidos, como a introduzir um conceito novo ou analisar um processo, sintetizar conhecimentos, avaliar o processo de ensino-aprendizagem em curso (tendo uma função de avaliação formativa), entre outros.

Nos diapositivos para a temática da estrutura interna da Terra foram incluídas algumas imagens *gif* por permitirem uma melhor representação visual de determinados processos geológicos como, por exemplo, a propagação das ondas sísmicas.

Os diapositivos correspondentes a tabelas resumo, esquemas ou exercícios que implicaram a participação ativa dos alunos no seu preenchimento, mostraram-se um recurso muito útil para trabalhar os conteúdos com todo o grupo turma, ao mesmo tempo que serviram de momento de avaliação formativa dos alunos e de reflexão sobre as práticas letivas, por parte da professora.

A A Matemática da vida
Dividir para Multiplicar

Crescimento e regeneração de tecidos

42
7) 294
28
14
14

Cristina Figueiredo

B Sumário

Crescimento e regeneração de tecidos
Processo de diferenciação celular.

C

STEM CELL PARENTAL ADVISORY

Biologia 11º ano

D

Potencial de linhagem

Totipotente
Zigoto

Pluripotente
Células embrionárias, células-tronco pluripotentes

Multipotente
Gastrula, células estaminais adultas

Unipotente
Células somáticas

Ectoderme → Neurónios
Endoderme → Células intestinais
Mesoderme → Hemácias

Cromatina "aberta"
Expressão dos genes responsáveis pela pluripotência
Expressão dos genes específicos de uma linhagem celular
Metilação do DNA

Adaptado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1188628/>

E

Manual escolar
(pág. 61)

F

Células estaminais (ou células-tronco)

Biologia 11º ano

G Profase I

Pontos de quiasma

Centrossoma (conjunto 2 centríolos)

Microtúbulos do fuso acromático

Bivalente / Tétrada (par cromossomas homólogos)

Invólucro nuclear

Biologia 11º ano

H Para memorizar ...

Profase
Metafase
Anafase
Telofase

Biologia 11º ano

I Variação da quantidade de DNA

Mitose

Meiose

Biologia 11º ano

J Meiose

Quantidade de DNA

2Q

Q

Q/2

Interfase

Divisão I

Divisão II

Biologia 11º ano

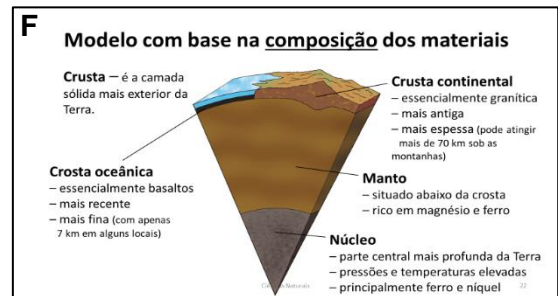
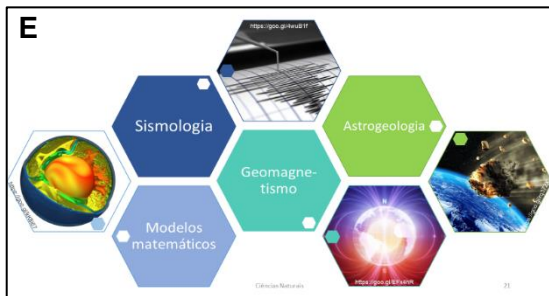
Figura 28 - Exemplo de diapositivos de *PowerPoint* utilizados nas aulas assistidas de Biologia (11º ano). Os diapositivos apresentados são apenas exemplificativos não representando uma sequência real no contexto da aula. **A**: apresentação do tema; **B**: sumário; **C** e **D**: esquemas para explicar os tipos de células estaminais; **E**: indica a realização de uma atividade prática do manual escolar; **F**: esquema resumo para os alunos preencherem com recurso ao quadro interativo; **G**: fases da meiose; **H**: mnemónicas apresentadas no final da leção da meiose; **I**: exercício para os alunos resolverem no quadro interativo; **J**: resolução de parte do exercício apresentado no diapositivo I.



B Aula 57 18 de fevereiro

Sumário

- Realização do teste diagnóstico
- Estudo da estrutura interna da Terra.
- Métodos para o estudo do interior da Terra: métodos diretos



CAMADAS EXISTENTES NO MODELO QUÍMICO	CARACTERÍSTICAS	
	COMPOSIÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA	PROFUNDIDADE

CAMADAS EXISTENTES NO MODELO QUÍMICO	CARACTERÍSTICAS	
	COMPOSIÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA	PROFUNDIDADE
Crusta continental	Maioritariamente rochas graníticas.	0 10 km - 50 km (máx. 70 km)
Crusta oceânica	Maioritariamente rochas basálticas.	0 5 km - 10 km
Manto	Composição maioritariamente peridotítica.	5km - 50 km 400 km 2 900 km
Núcleo	Ferro e níquel	2 900 km 6 370 km ¹⁰

Figura 29 - Exemplo de diapositivos de PowerPoint utilizados nas aulas assistidas de Geologia (7º ano). Os diapositivos apresentados são apenas exemplificativos não representando uma sequência real no contexto da aula. **A**: apresentação do tema; **B**: sumário; **C**: estudo dos métodos diretos, com listagem dos métodos que se iriam explorar; **D**: método de estudo da geosfera, neste caso o estudo dos afloramentos rochosos; **E**: estudo dos métodos indiretos, com listagem dos métodos que se iriam explorar; **F**: estudo dos modelos da estrutura interna da Terra, no caso representado o modelo geoquímico; **G**: exemplo de tabela resumo para os alunos preencherem no quadro interativo; **H**: resolução do exercício de preenchimento da tabela resumo apresentado no diapositivo G.

3.4.2 Mapa de conceitos

O mapa de conceitos foi outro recurso comum à planificação dos dois níveis lecionados. Em ambas as turmas, este recurso foi aplicado no final da leção das temáticas, com o objetivo de sintetizar os conteúdos científicos.

O mapa de conceitos construído para a turma de 11º ano (Figura 31) englobou as temáticas lecionadas e alguns conceitos adicionais, como o desenvolvimento embrionário. Aos alunos foi distribuída uma versão do mapa de conceitos onde a maioria dos espaços se apresentava em branco, procedendo-se ao seu preenchimento de forma faseada, à medida que se foi avançando nos conteúdos, com o grupo turma e com recurso ao quadro interativo.

No final das aulas assistidas, e antes da realização do teste de avaliação sumativa respeitante a estes conteúdos, foi enviado o mapa devidamente preenchido para o correio eletrónico da turma, para que todos os alunos tivessem acesso à correção, podendo utilizá-lo como ferramenta de estudo.

O mapa de conceitos construído para a turma de 7º ano (Figura 32), respeitante ao estudo da estrutura interna da Terra, é consideravelmente mais simples que o anterior com menos conceitos e menos ligações entre eles. Foi, também, utilizado no final da temática, como forma de resumir os conteúdos.

O preenchimento do mapa na turma de 7º ano foi também realizado em grupo turma, tendo sido conduzido de forma muito diferente do que aconteceu no 11º ano. Foram utilizadas etiquetas (Figura 30) correspondentes aos termos do mapa de conceitos, para os discentes construírem o mapa no quadro da sala de aula, preenchendo, posteriormente, as versões em papel que lhes foram distribuídas.



Figura 30 - Etiquetas utilizadas para a construção do mapa de conceitos sobre a estrutura interna da Terra na última aula do 7º ano.

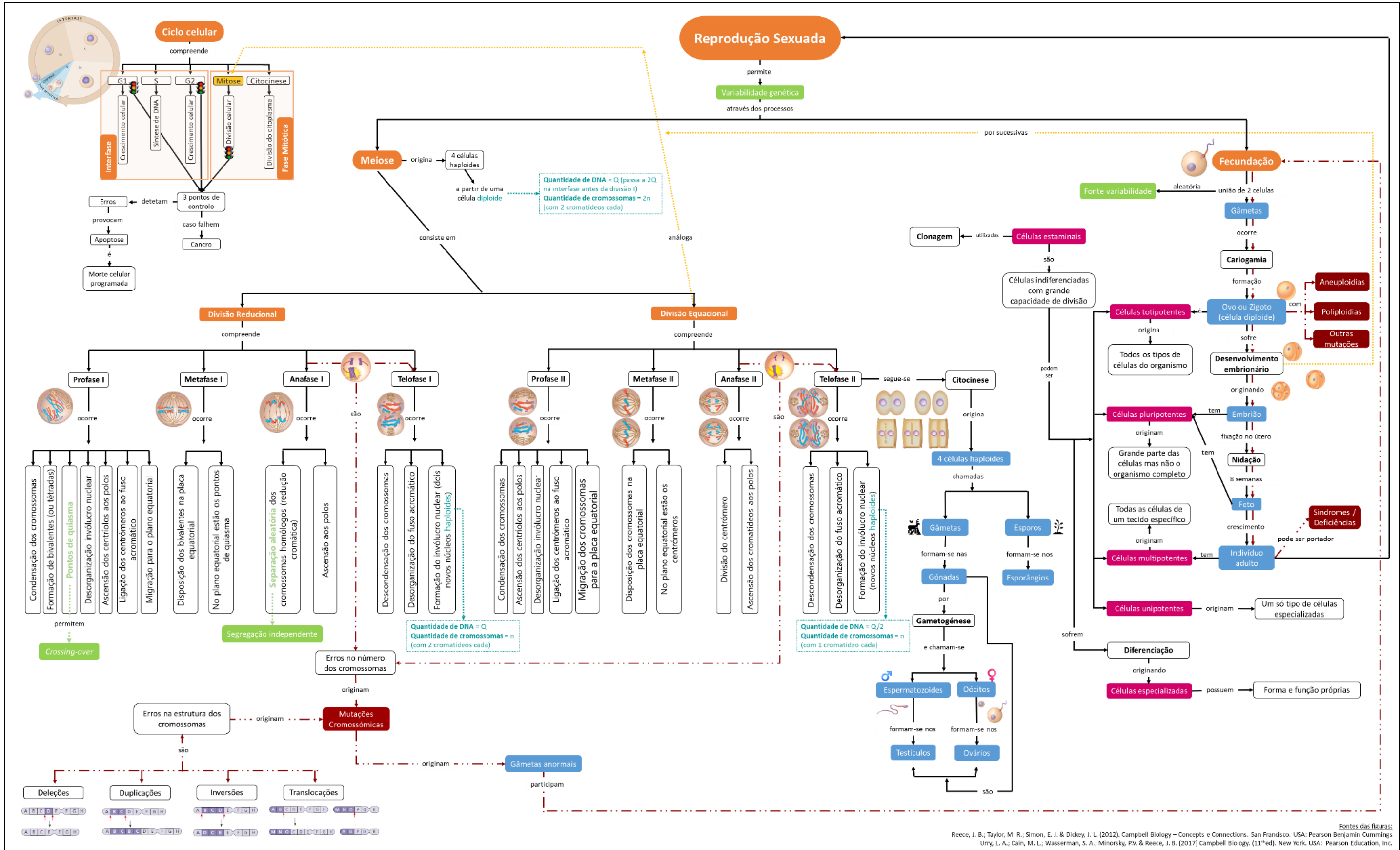


Figura 31 - Mapa de conceitos de Biologia, "Reprodução sexual".

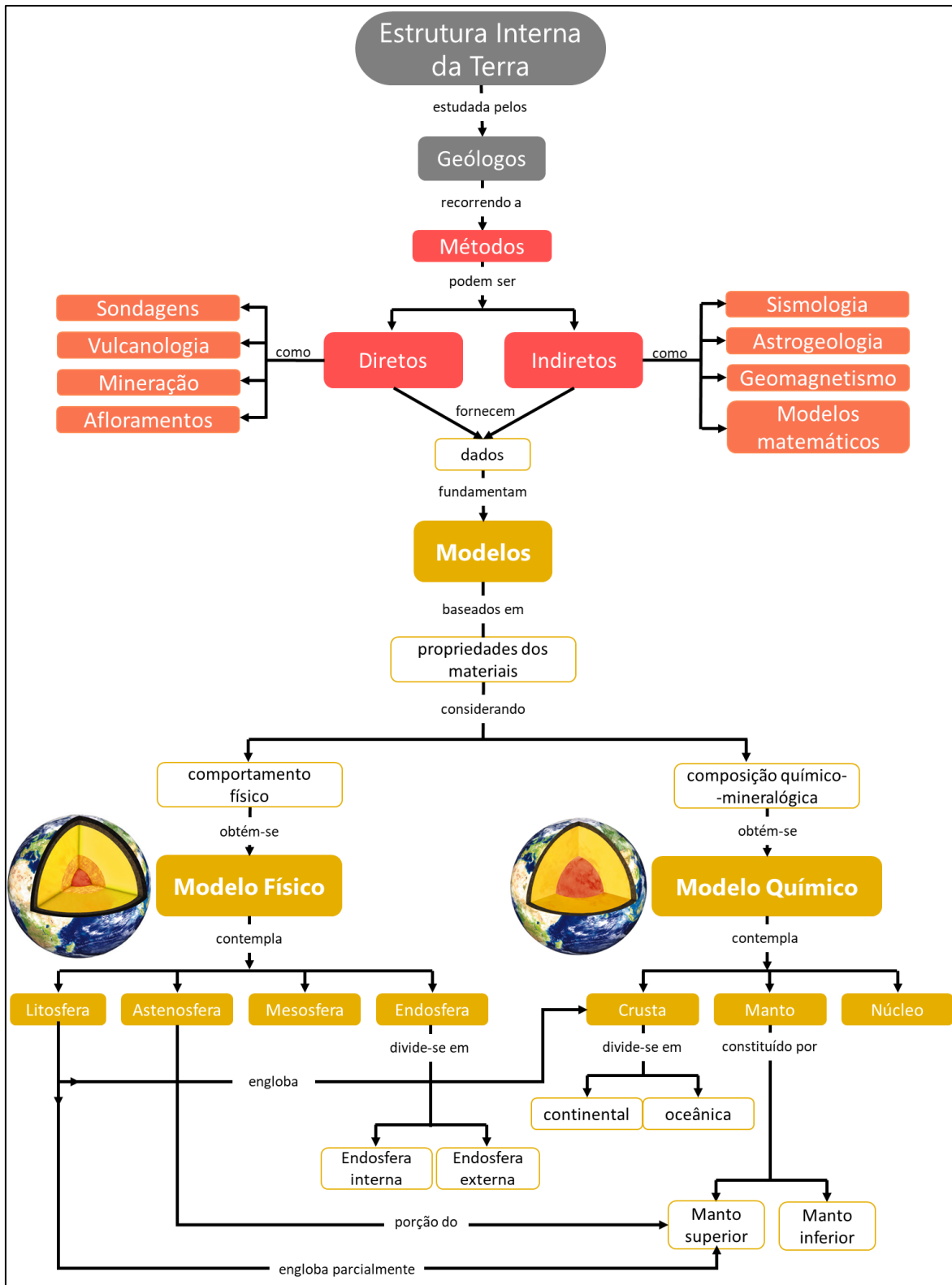


Figura 32 - Mapa de conceitos de Geologia, "Estrutura interna da Terra".

3.4.3 Atividades práticas

3.4.3.1 Atividade prática “Dividir para multiplicar”

Os objetivos desta atividade prática foram aplicar e validar um recurso desenvolvido para a consolidação de aprendizagens relativamente ao processo de meiose. Este foi avaliado através da realização individual de um relatório em formato *V de Gowin*.

Para a realização desta atividade, os alunos organizaram-se em grupos de 3-4 elementos. A cada grupo foi distribuído um conjunto de cartões com imagens de microscopia ótica de células em meiose (Figura 33, Figura 34 e Figura 36) e/ou de esquemas representativos (Figura 35) das diferentes fases. Cada elemento recebeu também uma tabela (Figura 37) com as imagens dos cartões e um espaço para identificar a fase da meiose representada e as características observadas que permitiram identificar essa fase.

O objetivo específico desta atividade foi compreender se seria possível distinguir as fases da meiose ao microscópio ótico. Além disso, foi também pedido aos discentes que identificassem, caso fosse possível, o tipo de célula representada (animal ou vegetal).

Na construção deste recurso destaca-se a dificuldade em encontrar boas imagens de microscopia ótica e, principalmente, imagens com escala. Os alunos foram alertados para o facto de que estas imagens representam grandes ampliações e que não tinham escala, tendo sido discutido com a turma de que forma se poderia colocar escala neste tipo de figuras.

A realização desta atividade na sala de aula contou com o apoio constante da professora. A interação que daí adveio tornou-se mais uma boa ferramenta de avaliação formativa para detetar conceitos errados ou confusões que os alunos pudessem ter sobre estes conteúdos.

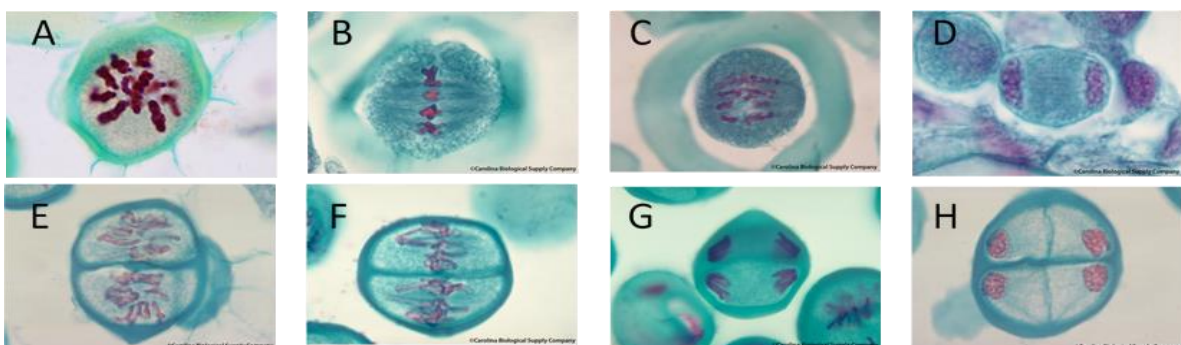


Figura 33 - **A** - Microsporócitos da antera de lírio em prófase I. **B, C, D, E, F, G, H** - Polén de lírio em metafase I, anáfase I, telófase I, prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II, respetivamente.

A retirada de: <https://tinyurl.com/ychx6fw9>; **B a H** retiradas de: <https://is.gd/bDSqyv>

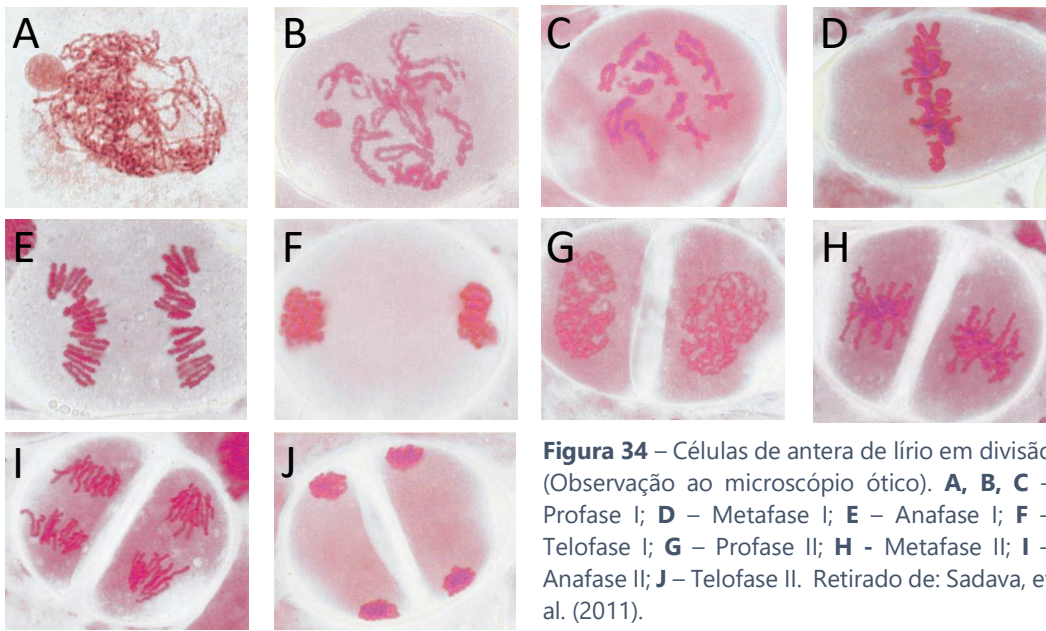


Figura 34 – Células de antera de lírio em divisão (Observação ao microscópio ótico). **A, B, C** – Profase I; **D** – Metafase I; **E** – Anáfase I; **F** – Telófase I; **G** – Profase II; **H** - Metafase II; **I** – Anáfase II; **J** – Telófase II. Retirado de: Sadava, et al. (2011).

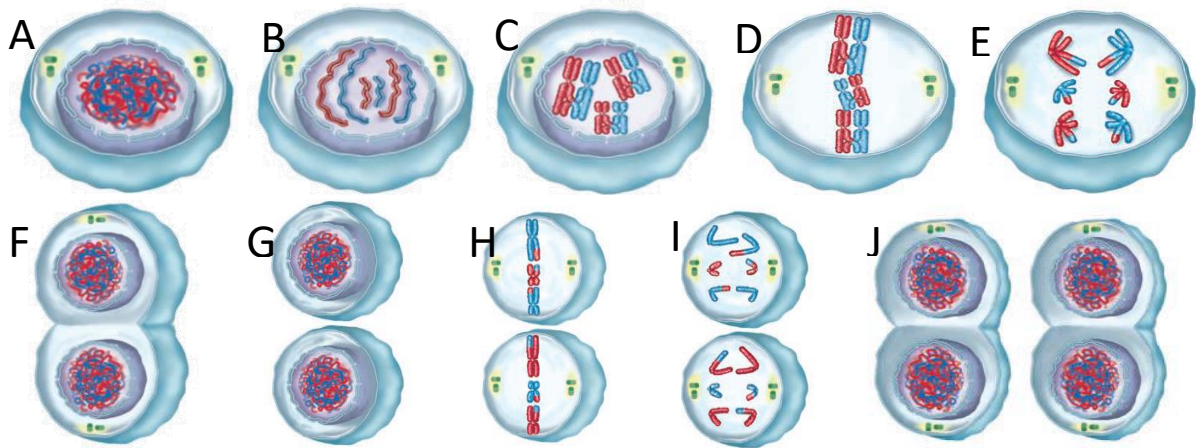


Figura 35 - Esquema da fases da meiose de uma célula animal. Os cromossomas maternos e paternos encontram-se representados com cores diferentes. **A, B, C** – Profase I; **D** – Metafase I; **E** – Anáfase I; **F** – Telófase I; **G** – Profase II; **H** - Metafase II; **I** – Anáfase II; **J** – Telófase II. Retirado de: Sadava, et al. (2011).

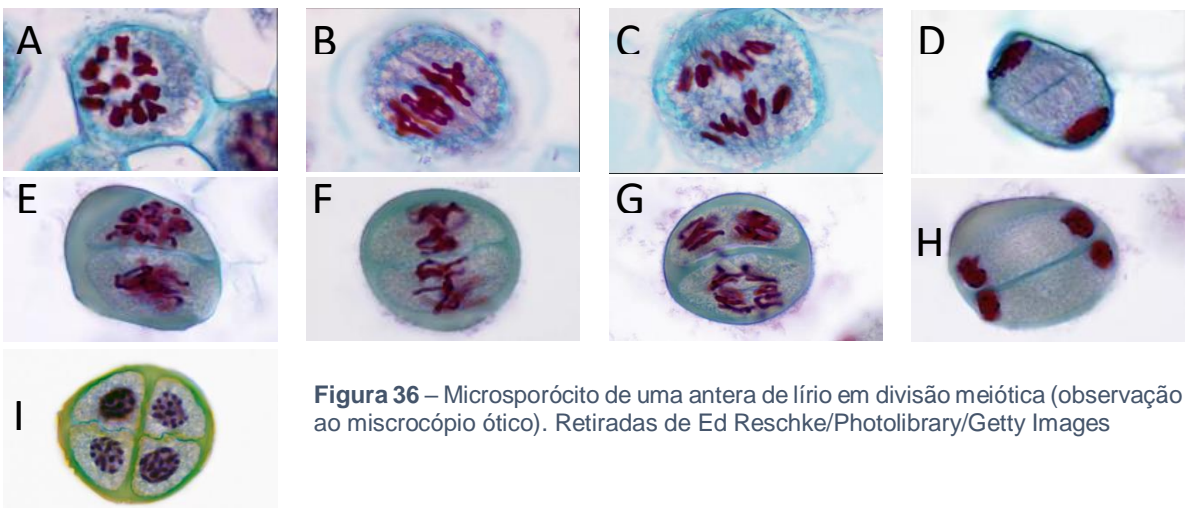


Figura 36 – Microsporócito de uma antera de lírio em divisão meiótica (observação ao microscópio ótico). Retiradas de Ed Reschke/Photolibrary/Getty Images

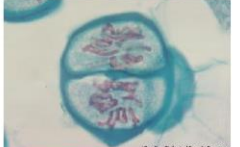
Observação microscópico	Fase	Características
		
		
		
		
		
		
		
		

Figura 37 - Exemplo de tabela distribuída aos alunos para preenchimento durante a realização da atividade prática sobre o processo de meiose, em sala de aula, em grupo.

3.4.3.2 Atividade prática “Uma fatia de Terra”

Consciente da importância e dos benefícios da utilização de modelos no ensino das ciências, especialmente da Geologia, foi pensada e construída a atividade prática “Uma fatia de Terra” (Figura 38), que foi aplicada nas aulas do 7º ano.

Esta atividade foi posta em prática após o término da leção dos dois modelos atualmente aceites para a estrutura interna da Terra. Procedeu-se à primeira parte da atividade, o preenchimento do modelo, em sala de aula, tendo ficado para trabalho de casa a componente mais prática, recortar e montar, por falta de tempo na aula.

Os objetivos desta atividade foram resumir os dois modelos apresentados para a estrutura interna da Terra num só objeto, ao mesmo tempo, criando um momento informal de aprendizagem na sala de aula onde os alunos puderam descontraír e trabalhar de forma mais relaxada enquanto discutiam e preenchiam os modelos em conjunto. A vantagem deste tipo atividade foi que os alunos se mostraram imediatamente motivados, o que levou a uma participação ativa na realização das tarefas e, conseqüentemente, a um maior aproveitamento do processo de ensino-aprendizagem.

Atividade prática “Uma fatia de Terra”

Leia atentamente as indicações que se seguem para o preenchimento e montagem do modelo de uma secção da Terra apresentado a seguir.

1. Analisar as secções coloridas da Figura 1 (cuja planificação se encontra disponível na página seguinte) e determine a qual dos modelos propostos para o interior da Terra (modelo geofísico e modelo geoquímico) se refere cada uma.

2. Preencher na planificação os retângulos assinalados na Figura 1 com a letra **A** com o nome do modelo a que se referem.

3. Identificar, em cada um dos modelos representados, as camadas que os constituem escrevendo o nome da camada nos espaços em branco contínuos às mesmas.

4. Indicar, junto das linhas que separam as camadas, a profundidade do interior da Terra a que essa separação se verifica.

5. Referir, em cada camada do modelo geofísico, o estado físico em que se encontram os materiais.

6. Referir, em cada camada do modelo geoquímico, a composição dos materiais que a constituem.

7. Recortar o modelo pelo contorno exterior.

8. Dobrar o modelo pelas linhas internas.

9. Colocar cola nas abas (**B**) e montar o modelo.

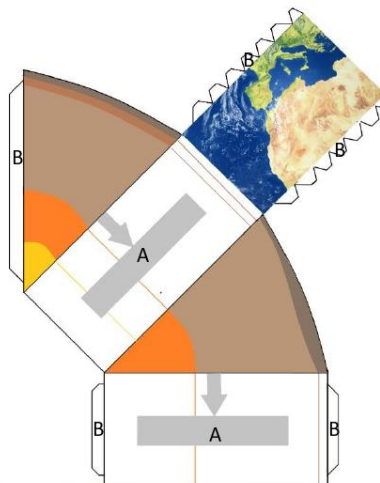


Figura 1 – Planificação de uma secção representando os modelos geoquímico e geofísico propostos para o interior da Terra.

Figura 38 – Atividade prática “Uma fatia de Terra”, preenchimento e montagem de um modelo da estrutura interna da Terra, realizada com os alunos do 7^o ano.

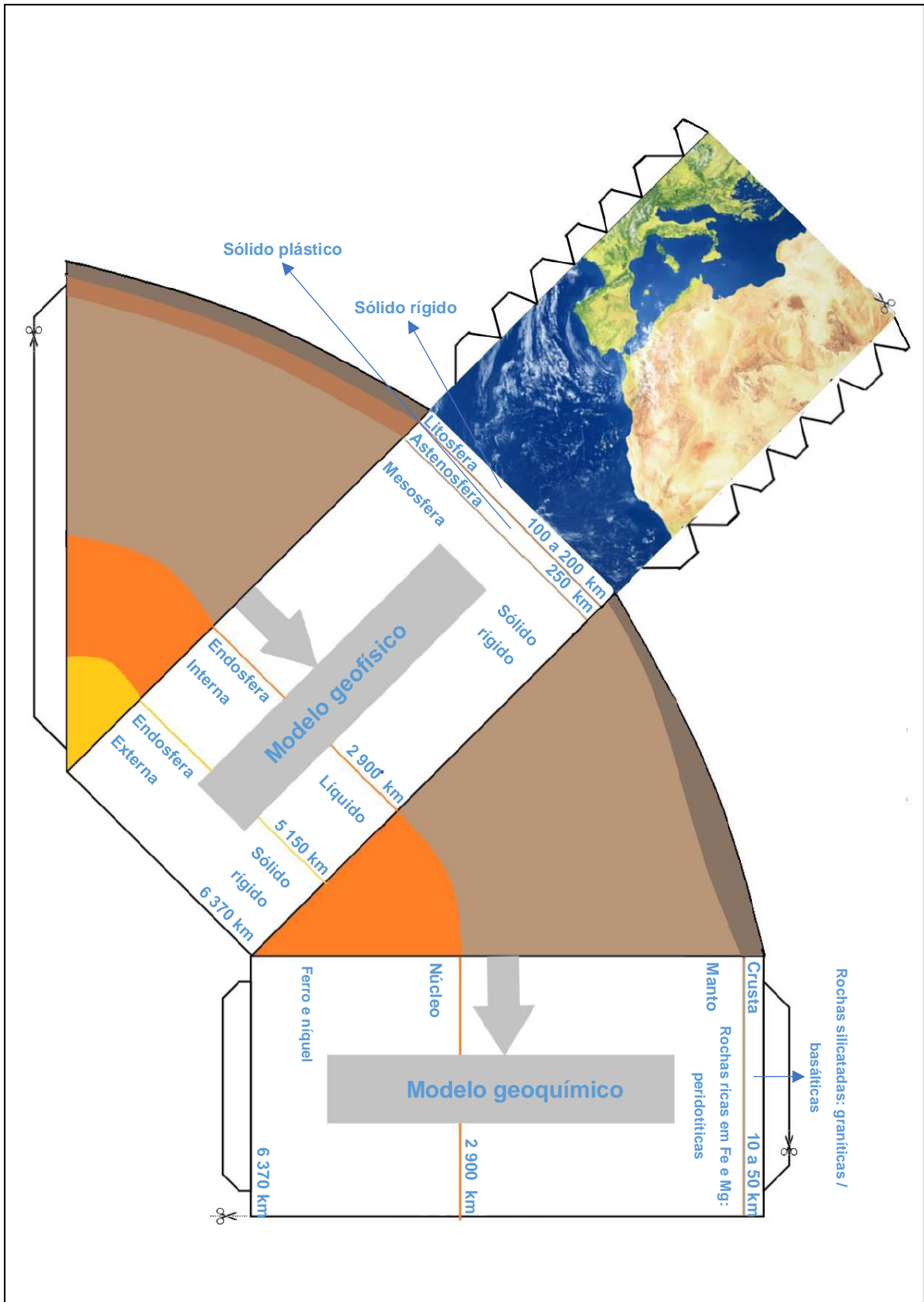


Figura 38 (continuação) – Atividade prática “Uma fatia de Terra”, preenchimento e montagem de um modelo da estrutura interna da Terra, realizada com os alunos do 7º ano.

3.4.3.1 Atividades práticas de lápis e papel

As atividades práticas de lápis e papel, fichas de trabalho e exercícios do manual escolar, foram utilizadas de forma distinta nas duas turmas.

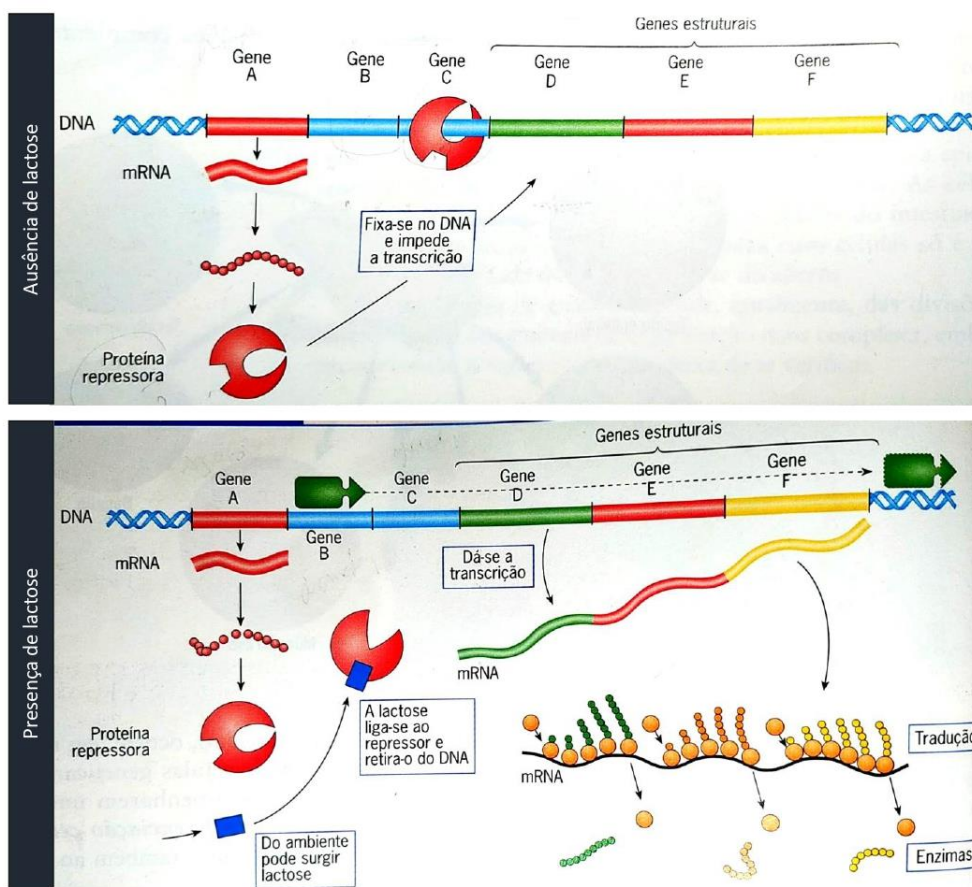
Na turma de 11^o ano, a resolução das fichas de trabalho e das atividades do manual foram colocadas nas planificações das aulas, estrategicamente, em momentos onde a realização dessas atividades poderia acrescentar algo ao que estava a ser discutido nesse momento. No total, foram construídas três atividades práticas de lápis e papel do tipo ficha de trabalho (*Figura 39*, *Figura 40* e *Figura 41*), e resolvidas quatro atividades do manual escolar. Todas as atividades foram realizadas em grupo turma, tendo-se aproveitado esses momentos para questionar os alunos que se mostravam geralmente menos participativos na discussão.

Na turma de 7^o ano não foram resolvidos exercícios do manual em contexto de aula. Foi construída uma ficha (*Figura 42* e *Figura 43*), dividida em duas partes, cuja resolução decorreu em parceria com os colegas do lado, contando com o apoio dos professores e com a possibilidade de consultar o manual escolar. Inicialmente, esta ficha destinava-se a servir de ferramenta de avaliação formativa ao mesmo tempo que a sua aplicação cumpria a função de estratégia para desenvolver a capacidade de pesquisa e de trabalho cooperativo dos alunos. Por inerência à postura da turma, não houve tempo para a realização da segunda parte da ficha, tendo esta ficado para trabalho de casa a realizar na interrupção letiva no Carnaval, sendo posteriormente sujeita a avaliação sumativa, o que obrigou à construção de critérios de avaliação mais rigorosos (*Anexo V*). A falta de tempo deveu-se à necessidade sentida pela professora em ocupar uma aula com a correção, em grupo turma, da primeira parte da atividade, em virtude da maioria dos alunos não ter progredido além da primeira questão, na aula anterior, mais uma vez por comportamentos desadequados e inibidores de um bom ambiente de trabalho e aprendizagem.

Atividade prática de lápis e papel

Como se regula a expressão dos genes?

Em 1965, os investigadores François Jacob e Jacques Monod receberam o prémio Nobel pelo contributo que deram para esclarecer a expressividade seletiva dos genes. Os estudos destes investigadores foram realizados com a bactéria *Escherichia coli*, com o objetivo de tentar explicar a forma como era regulada a atividade dos genes responsáveis pelo metabolismo da lactose, ou seja, responsáveis pela produção de três enzimas envolvidas na utilização da lactose pelo organismo.



Silva, A. D., Gramaxo, F., Santos, M. E., Mesquita, A.F., Baldaia, L. & Félix, J.M. (2004). *Terra, universo de vida 1ª parte biologia*. Porto: Porto editora. (p. 54)

Figura 39 – Atividade prática de “Crescimento e renovação celular”, “Como se regula a expressão dos genes?”, aplicada na turma de 11º ano para exemplificar a regulação da expressão génica, utilizando o caso do operon Lac.

1. O gene regulador exerce o seu controlo promovendo a síntese de um repressor.

a. Qual a função desse repressor?

Ligar-se ao operador, impedindo que este seja transcrito e consequentemente impedindo a transcrição dos genes estruturais, necessários à síntese das enzimas que metabolizam a lactose.

b. Em que circunstâncias é que o repressor deixa de atuar?

Na presença de lactose

2. Indique quantos genes são transcritos e quantos estão responsáveis por regular essa transcrição.

Transcritos: 3 (D, E e F)

Reguladores: 3 (A, B e C)

3. Compare o funcionamento dos genes estruturais na presença e na ausência de lactose. Pode afirmar-se que este mecanismo de regulação é altamente eficiente. Justifique esta afirmação.

Apenas são expressos na presença da molécula que vão metabolizar, o que permite economizar energia à célula, evitando estar a transcrever e traduzir genes para enzimas que não iriam ser utilizadas caso não houvesse lactose no meio.

Figura 39 (continuação) - Atividade prática de “Crescimento e renovação celular”, “Como se regula a expressão dos genes?”, aplicada na turma de 11º ano para exemplificar a regulação da expressão génica, utilizando o caso do operão Lac.

Atividade prática de lápis e papel

404 ERROR Chromosome not found

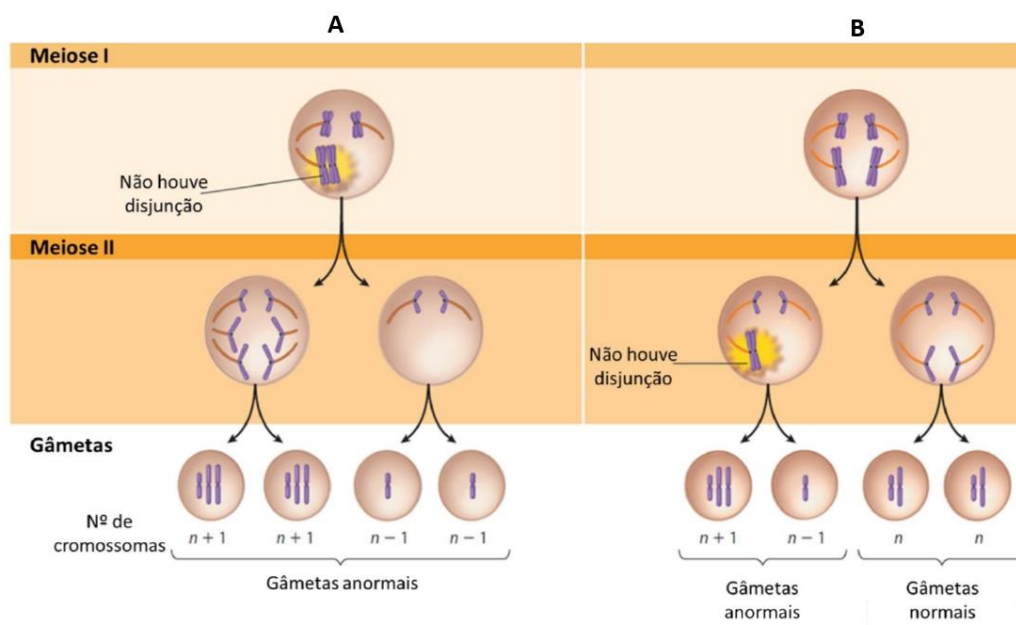


Figura 1 Erros na Meiose. Adaptado de Reece et al., 2012

1. Indique o processo de divisão nuclear ilustrado na figura 1.

Meiose

2. Refira as diferenças entre a situação A e a situação B.

Na situação A não ocorreu separação dos cromossomas homólogos durante a anáfase da divisão I da meiose.

Na situação B não ocorreu a separação dos cromatídeos numa das células durante a anáfase da divisão II.

3. Mencione as possíveis consequências caso as células formadas participem no processo de fecundação.

Em ambos os casos há formação de gametas com um número de cromossomas anormal.

Figura 40 - Atividade prática de meiose e reprodução sexuada – 404 ERROR Chromosome not found, aplicada na turma de 11º ano para explorar a origem das mutações do número de cromossomas.

- 4. Indique se a figura 1 representa uma situação de mutação cromossômica ou gênica e porquê.**

Mutação cromossômica, pois, é uma alteração do número normal de cromossomas.

- 5. Legende a figura.**

- 6. Explique se é possível, observar esta mutação ao microscópio ótico ou se é apenas detetável em análises mais complexas.**

É possível observar esta alteração ao microscópio quando se estiver a observar o cariótipo pois num determinado par irão surgir mais ou menos cromossomas, consoante a situação.

- 7. Assumindo que um dos gametas anormais irá participar na fecundação, explique quais as consequências e designe as condições cromossômicas que se irão verificar nos zigotos daí resultantes.**

Nos casos em que a célula formada tem $n+1$ cromossomas surge um indivíduo com um cromossoma a mais no seu cariótipo. Neste caso estamos perante uma trissomia.

Nos casos em que a célula formada tem $n-1$, o indivíduo terá um cromossoma a menos no seu cariótipo, representando uma situação de aneuploidia.

Figura 40 (continuação) - Atividade prática de meiose e reprodução sexuada – 404 *ERROR Chromosome not found*, aplicada na turma de 11^o ano para explorar a origem das mutações do número de cromossomas.

Atividade prática de lápis e papel

Ciência popular

Uma célula redonda imóvel recoberta por uma camada protetora é transportada ao longo de um tubo. Ao seu encontro vêm várias células mais pequenas, que se movimentam graças a um “design” aerodinâmico e ao movimento frenético de uma cauda. A célula redonda cresceu e desenvolveu-se num órgão não muito distante. As células pequenas vieram de um órgão longínquo. Os dois tipos de células têm duas coisas em comum: o facto de serem totalmente distintas das restantes células que compõem o organismo, e de conterem apenas parte do material genético que habitualmente se encontra no núcleo de uma célula. Na verdade, as pequenas células apenas têm uma cabeça compacta e pontiaguda, uma cauda, e uma zona que liga uma coisa e a outra.

Após um longo percurso, várias das células móveis penetram as camadas protetoras que rodeiam a célula redonda, mas apenas uma, qual míssil teleguiado, consegue furar a última barreira e chegar ao interior da grande célula. Por seu turno, a célula grande reage, alterando a sua superfície de modo que mais nenhuma célula com cauda possa seguir o caminho da primeira.

Adaptado de Ramalho-Santos, 2007. p. 83

1. Relativamente às células mencionadas nas primeiras três linhas do texto, indique:

a. A que células se refere o autor.

Gametas.

Célula redonda imóvel recoberta por uma camada protetora – Oócito

Células mais pequenas, que se movimentam graças a um “design” aerodinâmico e ao movimento frenético de uma cauda – Espermatozoide

b. O processo de divisão envolvido na sua formação.

Meiose

c. Como se chama o seu processo de formação, ou seja, o processo que compreende a divisão e a diferenciação celular responsáveis pela formação das referidas células.

Gametogénese

Figura 41 - Atividade prática de meiose e reprodução sexuada – Ciência popular, aplicada na turma de 11º ano para introduzir o conceito de fecundação e relacionar este processo com a formação dos gametas.

d. Em que órgãos se formam.

Gónadas (Masculinas – testículos; Femininas – ovários)

2. Mencione o nome do processo descrito no último parágrafo.

Fecundação

3. De que modo a fecundação contribui para a variabilidade genética dentro de uma espécie?

Junção dos gametas é aleatória havendo por isso em cada fecundação uma enormidade de possíveis combinações genéticas.

4. Quais as outras fontes de variabilidade genética associadas à reprodução sexuada?

Crossing-over na prófase I e segregação independente e aleatória dos cromossomas homólogos na anafase I

Figura 41 (continuação) - Atividade prática de meiose e reprodução sexuada – Ciência popular, aplicada na turma de 11^o ano para introduzir o conceito de fecundação e relacionar este processo com a formação dos gâmetas.

Atividade prática de lápis e papel

Viagem ao centro da Terra (Parte 1)

Nome: _____ Data: __/__/____

Grupo I - Métodos de estudo do interior da Terra

1. Observe atentamente as imagens seguintes, as quais dizem respeito a métodos diretos de estudo no interior da Terra.



Figura 1 (Retirado de <https://goo.gl/5yEjvp>)



Figura 2 (Retirado de <https://goo.gl/N4aqo9>)



Figura 3 (Retirado de <https://goo.gl/qqZXEV>)



Figura 4- (Retirado de <https://goo.gl/o5e1aG>)



Figura 5 (Retirado de <https://goo.gl/xLwGyJ>)

- 1.1. Como se designam os métodos de estudo que resultam da observação direta da Terra e dos materiais geológicos a que o Homem tem acesso? **Métodos diretos**

- 1.2. Que métodos de estudo direto do interior da Terra estão acima representados?

Figura 1: Vulcanologia

Figura 2: Sondagens

Figura 3: Vulcanologia

Figura 4: Exploração mineira

Figura 5: Observação e análise de afloramentos

1.3. Que materiais geológicos estão a ser diretamente estudados nessas imagens?

Material que foi extruído para a superfície por vulcanismo (figuras 1 e 3) sendo que na figura 1 o material em estudo é a lava (produto líquido do vulcanismo, e na figura 3 são os materiais gasosos. Material rochoso que o Homem amostrou do interior da crosta por sondagens e perfurações (figura 2) ou que foi retirado através da atividade mineira (figura 4) e afloramentos com rochas expostas por erosão das camadas superiores e/ou por atividade tectónica (figura 5).

1.4. A sondagem vertical mais longa alguma vez realizada atingiu os 12 km de profundidade. Porque motivo nunca se fizeram perfurações mais profundas?

Razões geológicas, tecnológicas e económicas: o aumento da temperatura com a profundidade impossibilita o normal funcionamento da tecnologia existente atualmente para este fim. Para além disto, a extrema rigidez dos materiais atravessados, o imenso tempo despendido a colocar tubagens bem como o desgaste das coroas adiantadas das brocas são fatores limitantes importantes neste tipo de abordagem.

1.5. Explique porque razão a sondagem iniciada em 2010, pelo navio Chikyu, poderá vir a atingir o manto, considerando que apenas poderá perfurar 7 km, quando a mesma camada não foi alcançada na perfuração de 12 km realizada em Kola.

Porque a perfuração realizada na península de Kola fez-se em crosta continental que é significativamente mais espessa do que a crosta oceânica. Uma vez que o navio Chikyu se encontra a perfurar numa zona de crosta oceânica, cuja espessura varia entre os 5 e os 10 km, será possível atingir o manto se na zona da perfuração a crosta tiver menos de 7 km de espessura.

1.6. Indique justificando, uma limitação do estudo do interior da Terra por métodos diretos.

Estes métodos baseiam-se na observação direta dos materiais, o que só é possível para os primeiros quilómetros de profundidade, impossibilitando assim o estudo da maioria do interior do planeta (de notar que nestes primeiros quilómetros é possível, em alguns locais do globo, observar rochas provenientes do manto, como é o caso dos kimberlitos, rocha de onde se extraem os diamantes, ou seja, é possível estudar

Página 2 de 9

Figura 42 (continuação) - Parte 1 da atividade prática de estrutura interna da Terra – Viagem ao centro da Terra, aplicada na turma de 7º ano, para explorar os métodos de estudo da geosfera.

para além da litosfera por métodos diretos, apenas não de um modo significativo face à dimensão do planeta).

2. Os esquemas seguintes representam métodos de estudo indireto do interior da Terra. Observa-os atentamente e responde às perguntas abaixo.

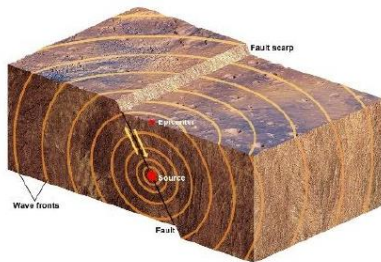


Figura 6 (Retirado de <https://goo.gl/T7GzDk>)

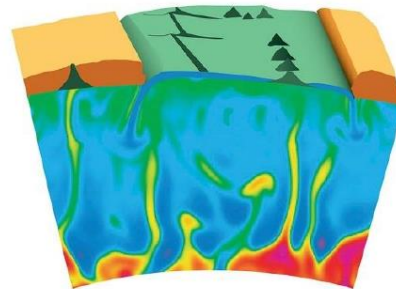


Figura 7 (Retirado de <https://goo.gl/aKfCPw>)

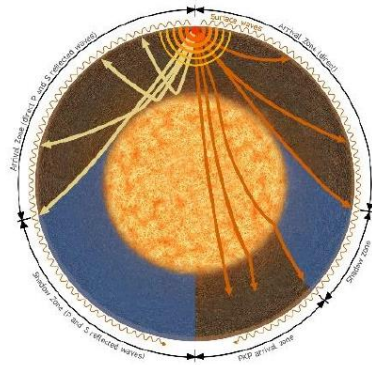


Figura 8 (Retirado de <https://goo.gl/yF3EnJ>)

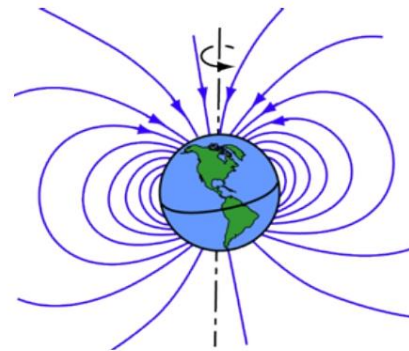


Figura 9 (Adaptado de: <https://goo.gl/TBH5FK>)

2.1. Justifique porque razão se designam como indiretos os métodos representados nas figuras 6 a 9.

Porque, ao contrário dos métodos diretos, nestes as conclusões não se retiram da observação direta do material proveniente do interior da Terra, mas sim de cálculos e teorias formuladas a partir de observação de materiais semelhantes e de análises geofísicas.

2.2. Associe a cada uma das imagens um método de estudo indireto do interior da Terra.

Figura 6: Sismologia

Figura 7: Modelação matemática

Figura 8: Sismologia

Figura 9: Geomagnetismo

2.3. Identifique outro método de estudo indireto do interior da Terra que não esteja representado nas imagens. **Astrogeologia**

2.4. Quais as informações sobre o interior da Terra que podem ser retiradas através do estudo das propagações de ondas sísmicas?

Através do estudo da propagação das ondas sísmicas pode inferir-se o estado físico, a rigidez, a heterogeneidade dos materiais no interior da Terra, bem como as descontinuidades entre as camadas.

2.5. Como se designa o instrumento utilizado para registar ondas sísmicas? **Sismógrafo**

2.6. Tendo em conta as limitações dos métodos diretos, explique quais as vantagens do estudo do interior da Terra por métodos indiretos.

Os métodos indiretos permitem conhecer zonas mais profundas da Terra, que são inacessíveis pelos métodos diretos.

2.7. Que tipo de informações pode a astrogeologia fornecer sobre o nosso planeta.

A astrogeologia permite comparar outros corpos celestes do sistema solar com a Terra e, assim, inferir sobre os materiais que se encontram no interior desta.

3. Classifica cada uma das afirmações que se seguem como verdadeira (**V**) ou falsa (**F**)

- a)** Através de modelos matemáticos podemos inferir sobre o comportamento dinâmico dos materiais do manto. **_V_**
- b)** A observação de amostras retiradas por sondagem é um método indireto de estudo do interior da Terra pois as amostras são analisadas num local diferente daquele onde foram extraídas. **_F_**
- c)** Dado que as ondas sísmicas viajam sempre à mesma velocidade através da crosta terrestre, é possível identificar os tipos de rochas aí existentes. **_F_**
- d)** As minas destinadas à extração de recursos minerais podem ser também utilizadas para fins científicos de estudo do interior da Terra. **_V_**

Página 4 de 9

Figura 42 (continuação) - Parte 1 da atividade prática de estrutura interna da Terra – Viagem ao centro da Terra, aplicada na turma de 7º ano, para explorar os métodos de estudo da geosfera.

- e) É possível identificarmos várias camadas dentro do interior da Terra devido aos dados fornecidos pelas ondas sísmicas. **V**
- f) As perfurações são métodos diretos do estudo do interior da Terra, mas as sondagens são métodos indiretos. **F**
- g) A observação dos materiais geológicos expelidos pelos vulcões é um método indireto, pois os materiais observados são provenientes do manto e não da superfície. **F**
- h) A análise da composição de meteoritos é um método de observação direta, por ser realizada sobre amostras a que o Homem tem acesso direto. **F**
- i) Os modelos matemáticos do interior da Terra fornecem informações apenas sobre a variação de temperatura do interior da Terra. **F**
- j) As propriedades magnéticas de alguns minerais metálicos existentes nas rochas permitem fazer inferências sobre a constituição do núcleo da Terra. **V**
- k) Os métodos diretos permitem conhecer extensivamente a constituição da crosta, do manto, e do núcleo. **F**
- l) O estudo da propagação das ondas sísmicas permite retirar informações acerca dos materiais da crosta, da sua rigidez e da sua temperatura. **F**
- m) A existência do campo magnético terrestre e o estudo das suas variações permite-nos concluir que o núcleo terrestre é metálico e se encontra parcialmente no estado líquido. **V**

Figura 42 (continuação) - Parte 1 da atividade prática de estrutura interna da Terra – Viagem ao centro da Terra, aplicada na turma de 7º ano, para explorar os métodos de estudo da geosfera.

Atividade prática de lápis e papel

Viagem ao centro da Terra (Parte 2)

Nome: _____ Data: __/__/____

Modelos do interior da Terra

1. Analise os esquemas seguintes que representam dois modelos científicos distintos da estrutura interna da Terra.

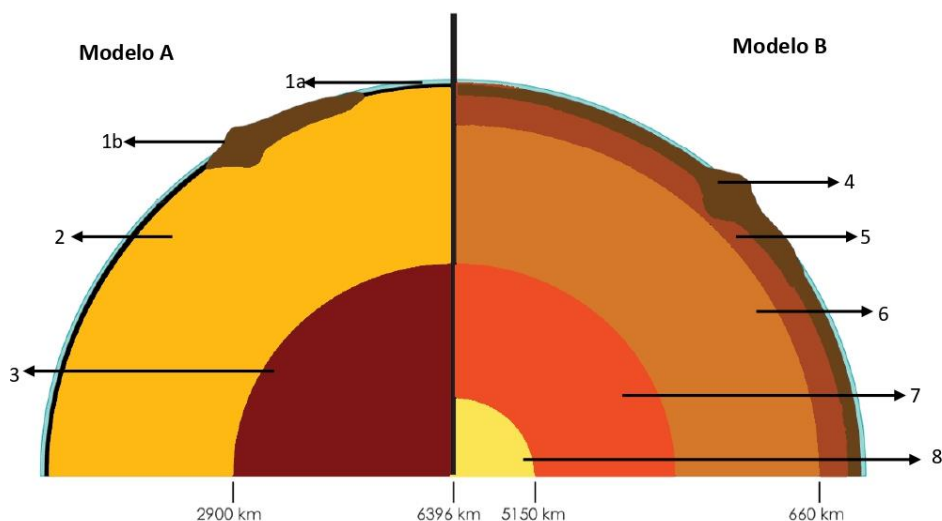


Figura 10 - Modelos propostos para a estrutura interna da Terra. Adaptado de <https://goo.gl/1AnshW>

- 1.1. Em que propriedades se baseiam os modelos A e B apresentados na **Figura 10**?

A- Composição químico-mineralógica

B- Comportamento físico

- 1.2. Complete a legenda da figura com o nome das camadas representadas em cada modelo.

Astenosfera	5
Endosfera interna	8
Crusta continental	1b
Mesosfera	6
Núcleo	3

Endosfera externa	7
Crusta oceânica	1a
Litosfera	4
Manto	2

Figura 43 - Parte 2 da atividade prática de estrutura interna da Terra – Viagem ao centro da Terra, aplicada na turma de 7º ano, para explorar os modelos propostos para a geosfera. Esta componente foi realizada como trabalho de casa tendo sido submetida a avaliação sumativa.

1.3. Caraterize cada uma das camadas do esquema A quanto à sua composição químico-mineralógica e à sua espessura.

1- Crusta continental: rochas graníticas, entre 10 e 70 km. Crusta oceânica: rochas basálticas, entre 5 e 10 km.

2- Manto tem uma composição maioritariamente peridotítica e uma espessura de aproximadamente 2830 km (começa aproximadamente nos 70 km e vai até aos 2900 km de profundidade).

3- Núcleo é composto por ferro e níquel e encontra-se entre os 2900 e os 6370 km de profundidade (com uma espessura de cerca de 3470 km).

1.4. Carateriza cada uma das camadas do esquema B quanto ao seu estado físico.

4- Sólido

7- Líquido

5- Sólido com comportamento plástico

8- Sólido

6- Sólido

1.5. Estabelece uma correspondência entre as camadas do modelo A e do modelo B.

A litosfera (modelo B) engloba a crosta (modelo A) e uma parte do manto superior (modelo A).

A astenosfera (modelo B) corresponde a uma parte do manto superior (modelo A).

A Mesosfera (modelo B) corresponde a uma parte do manto superior e ao manto inferior (modelo A).

A endosfera externa e a interna (modelo B) correspondem ao núcleo (modelo A).

1.6. Identifique que métodos, diretos ou indiretos, podem ter sido utilizados para obter informação relativa a cada uma das camadas presentes nos esquemas.

1- Métodos diretos: sondagens e perfurações, afloramentos e exploração mineira

2- Métodos diretos: vulcanismo / **Métodos indiretos:** sismologia, modelos matemáticos, astrogeologia, geomagnetismo

3- Métodos indiretos: sismologia, astrogeologia, geomagnetismo

4- Métodos diretos: sondagens e perfurações, afloramentos, exploração mineira e vulcanismo

Página 7 de 9

Figura 43 (continuação) - Parte 2 da ficha de trabalho aplicada na turma de 7º ano, sobre os métodos de estudo do interior da geosfera. Esta componente foi realizada como trabalho de casa tendo sido submetida a avaliação sumativa.

5- **Métodos diretos:** vulcanismo / **Métodos indiretos:** sismologia, astrogeologia e modelos matemáticos

6- **Métodos diretos:** vulcanismo / **Métodos indiretos:** sismologia, astrogeologia e modelos matemáticos

7- **Métodos indiretos:** sismologia, geomagnetismo e astrogeologia

8- **Métodos indiretos:** sismologia, geomagnetismo e astrogeologia

1.7. Explique porque razão estes modelos científicos não são estáticos e vão sofrendo ajustes progressivos.

Estes modelos são versáteis porque se baseiam, em grande parte, em teorias fundamentadas em informações retiradas da análise de dados ou da comparação com outros corpos geológicos, e não pela observação direta, o que faz com que estes modelos possam sofrer alterações à medida que se obtêm novos dados.

2. Preencha as palavras cruzadas da página seguinte com os conceitos correspondentes às definições a seguir apresentadas.

Vertical

5. Camada de natureza metálica, principalmente constituída por ferro e níquel. **Núcleo**

6. Maior camada estrutural da Terra que suporta a litosfera e a astenosfera e em que o material rochoso se encontra sólido e rígido. **Mesosfera**

7. Zona menos rígida do manto onde o material rochoso se encontra parcialmente fundido, conferindo plasticidade a esta camada. **Astenosfera**

8. Camada com comportamento líquido constituída por ferro e níquel. **Endosfera externa**

10. Modelo que considera cinco camadas de acordo com o comportamento físico dos materiais. **Modelo físico**

12. Modelo que considera três camadas de acordo com a sua composição mineralógica.

Modelo químico

13. Camada que ocupa cerca de 80% do volume da Terra. **Manto**

Horizontal

1. Camada sólida e rígida, de constituição rochosa, que se apresenta fragmentada em porções animadas de movimentos relativos entre si. **Litosfera**

Página 8 de 9

Figura 43 (continuação) - Parte 2 da ficha de trabalho aplicada na turma de 7º ano, sobre os métodos de estudo do interior da geosfera. Esta componente foi realizada como trabalho de casa tendo sido submetida a avaliação sumativa.

2. Camada onde se podem considerar duas subdivisões e cuja espessura máxima são 70 km.

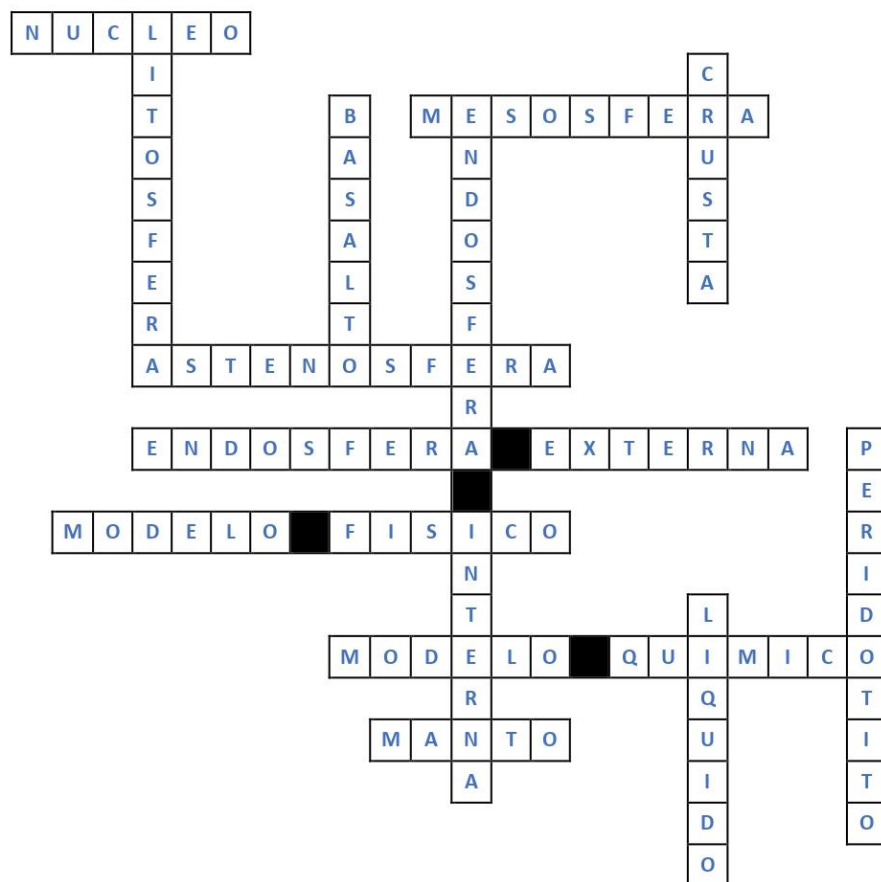
Crusta

3. Rocha predominante na crosta oceânica. **Basalto**

4. Camada constituída por materiais metálicos que, face às pressões e temperaturas elevadíssimas, se mantêm sólidos e rígidos. **Endosfera interna**

9. Rocha escura e muito densa, constituída principalmente por olivina, encontrada na zona superior do manto. **Peridotito**

11. Estado físico em que se encontra a endosfera externa. **Líquido**



Bom trabalho!
Cristina Figueiredo

Figura 43 (continuação) - Parte 2 da ficha de trabalho aplicada na turma de 7º ano, sobre os métodos de estudo do interior da geosfera. Esta componente foi realizada como trabalho de casa tendo sido submetida a avaliação sumativa.

3.4.3.2 Debate

Na última aula de Biologia realizou-se um debate, com os alunos do 11º ano, subordinado ao tema da Bioética. A realização desta atividade pretendia proporcionar aos discentes um momento de aprendizagem diferente, onde pudessem desenvolver capacidades de argumentação e de discurso oral, além da pesquisa que tiveram que realizar como forma de preparação da atividade.

Na aula, que antecedeu o debate, foi explicado aos alunos em que iria consistir a atividade, de que modo esta iria decorrer e quais os possíveis temas a discutir, reduzindo-se assim o espaço novidade do aluno e dando-lhe a oportunidade de se preparar com alguma antecedência. Foi importante conceder tempo aos alunos para se prepararem dado ser um tipo de atividade à qual não estão acostumados e na qual revelaram algumas dificuldades iniciais.

Das três moções pensadas inicialmente, abdicou-se de uma em detrimento de se incluir, na atividade prática, um tópico do projeto de educação sexual proposto pela diretora de turma, em conselho de turma. Desta forma, o debate realizou-se tendo por base as seguintes moções possíveis:

- A. “Esta casa defende que não se deve fazer seleção genética de um embrião aquando da aplicação de técnicas de reprodução medicamente assistida.”
- B. “Esta casa defende que não se deve utilizar, para fins de investigação, os embriões excedentários das técnicas de reprodução medicamente assistidas.”
- C. “Esta casa proibiria as demonstrações afetivas na escola por parte de jovens homossexuais.”

A atividade foi realizada numa aula de 135 minutos, em que os alunos se encontram divididos por turnos, de modo que todos pudessem participar. Infelizmente, por motivos alheios à aula, esta teve que terminar mais cedo pelo que não foi possível a realização do último debate, tendo assim um grupo de alunos perdido a oportunidade de participar ativamente. Na tentativa de envolver esses alunos, foi-lhes pedido que também preenchessem as grelhas e tabelas de adjudicação durante o debate dos colegas.

Do ponto de vista da estrutura da atividade, por uma questão de tempo e de organização, optou-se por realizar o debate no formato utilizado nos torneios de debates universitários, formato de parlamento britânico, conforme esquematizado na Figura 44.

Para melhor compreensão e preparação da atividade, na aula anterior foi entregue aos alunos um documento onde se encontravam explicadas as principais regras do debate, bem como, uma breve explicação da função de cada um dos intervenientes (Figura 45).

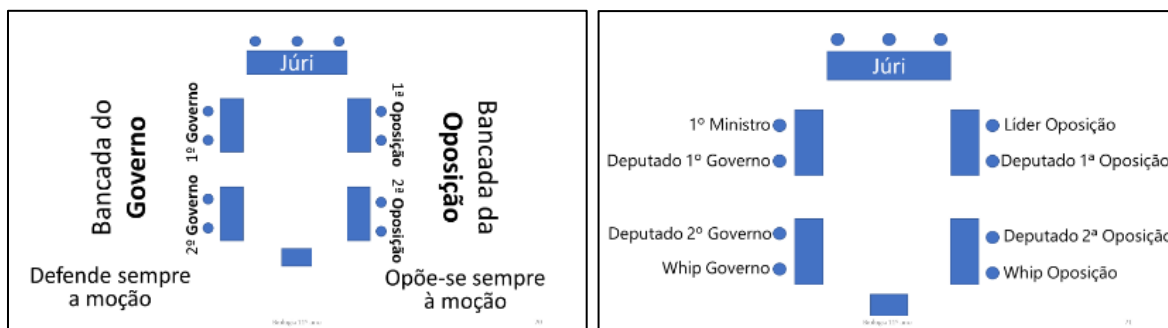


Figura 44 - Representação esquemática da distribuição dos elementos participantes no debate.

A seleção dos cargos que cada aluno ocupou no debate e da moção discutida foi realizada com recurso a um sorteio antes de se iniciar a atividade. O debate foi avaliado através do preenchimento de uma grelha de adjudicação (Figura 46) e de uma tabela de observação de aula (Figura 47). Estas ferramentas foram construídas a pensar nos objetivos da atividade e nas competências que se pretendiam avaliar no decorrer do debate, tendo sido dada grande importância à argumentação pela sua importância não só na ciência, mas também na sociedade atual e na formação de cidadãos críticos e participativos.

Atividade prática de debate

O modelo de debate que irá ser usado é o modelo **British Parliamentary Debate** (BP), um dos vários possíveis e o mais popular no debate competitivo. Neste modelo existem quatro equipas de duas pessoas cada: Primeiro Governo (1G), Primeira Oposição (1O), Segundo Governo (2G) e Segunda Oposição (2O).

A ordem por que falam os oradores é 1G-1O-1G-1O-2G-2O-2G-2O, e cada orador tem 5 minutos para discursar.

No primeiro minuto não podem ser feitas perguntas/pedidos de esclarecimento. Nos restantes 3 minutos as perguntas não param o tempo e não devem demorar mais do que 10 segundos. As questões não podem ser colocadas a membros da mesma bancada. Para fazer uma questão o deputado em causa deve levantar-se e esticar o braço (**silenciosamente**). Quem estiver a discursar pode aceitar ou recusar a questão, mas todos têm que aceitar pelo menos 1 questão.

Só é válido contrariar os argumentos da própria bancada em duas situações: quando há uma contradição interna na equipa (neste caso podem escolher qual das afirmações contraditórias respeitar) ou quando o caso montado pela equipa na "câmara alta" (1G ou 1O) é impossível de sustentar junto de uma audiência com o mínimo de bom senso (situações de argumentos baseados em erros indisputáveis (ex: o tabaco não provoca cancro) ou em posições morais aberrantes (ex: a pedofilia é uma tendência sexual legítima)).

Os papéis de cada orador

Primeiro Ministro

- a) Apresenta o problema que está na raiz da moção.
- b) Define a moção, apresentando um modelo.
- c) Dá uma exposição detalhada em apoio do caso, dando um conjunto de argumentos bem desenvolvidos e ilustrados para apoiar o caso.

Adjunto do Primeiro-Ministro

- a) Refuta os argumentos do líder da oposição.
- b) Oferece argumentos adicionais que contribuam para o caso do Governo.

Líder da Oposição

- a) Oferece um ponto de colisão que torna as posições do Governo e da Oposição inconciliáveis.
- b) Refuta os argumentos do Governo.
- c) Apresenta a sua visão do problema e dá um conjunto de argumentos para rejeitar a moção, podendo apresentar uma contraproposta.

Adjunto do Líder da Oposição

- a) Refuta os argumentos do Governo.
- b) Oferece argumentos adicionais que contribuam para o caso da Oposição.

Figura 45 - Documento orientador, facultado aos alunos para a preparação da atividade prática de debate.

Membro do Governo

- a) Refuta os argumentos da Oposição, em especial do Adjunto da Oposição.
- b) Oferece uma extensão, ou seja, demonstrando lealdade e consistência relativamente ao 1G, o Membro do Governo deve procurar mudar o rumo do debate para novas áreas ainda não exploradas ou aprofundar pontos superficialmente analisados.

Whip do Governo

- a) Refuta os argumentos da Oposição, em especial do Membro da Oposição.
- b) Sumariza o debate, enunciando os principais pontos de colisão observáveis, sustentando porque motivos a bancada opositora não conseguiu provar os seus pontos e porque meios a sua bancada conseguiu demonstrar os seus, concluindo por sinalizar a vitória para o lado do Governo.
- c) Não pode apresentar novos argumentos.

Membro da Oposição

- a) Refuta os argumentos do Governo, em especial do Membro do Governo.
- b) Oferece uma extensão, ou seja, demonstrando lealdade e consistência relativamente à 1O, o Membro da Oposição deve procurar mudar o rumo do debate para novas áreas ainda não exploradas ou aprofundar pontos superficialmente analisados.

Whip da Oposição

- a) Refuta os argumentos do Governo que possam ainda estar pendentes.
- b) Sumariza o debate, enunciando os principais pontos de colisão observáveis, sustentando porque motivos a bancada opositora não conseguiu provar os seus pontos e porque meios a sua bancada conseguiu demonstrar os seus, concluindo por sinalizar a vitória para o lado da Oposição.
- c) Não pode apresentar novos argumentos.

Adaptado de <http://tornadu2013.weebly.com/regras-do-debate.html>

Figura 45 (continuação) - Documento orientador, facultado aos alunos para a preparação da atividade prática de debate.



				Curso Científico-Humanísticos Biologia e Geologia-11ªA Ano Letivo 2018/2019		Debate nº ____ Moção: _____	
1º Ministro: _____				Líder da Oposição: _____			
Deputado 1º Governo: _____				Deputado 1º Oposição: _____			

Figura 46 - Tabela de adjudicação do debate. Esta grelha permitiu registar os contributos e falhas da participação de cada aluno no decorrer do debate.



				Curso Científico-Humanísticos Biologia e Geologia-11ªA Ano Letivo 2018/2019		Debate nº ____ Moção: _____	
Deputado 2º Governo: _____				Deputado 2º Oposição: _____			
Whip Governo: _____				Whip Oposição: _____			

Figura 46 (continuação) - Tabela de adjudicação do debate. Esta grelha permitiu registar os contributos e falhas da participação de cada aluno no decorrer do debate.

Debate nº	Moção:						
	Indicadores						
Aluno	Traz novos argumentos	Formula argumentos válidos e fundamentados	Refuta os argumentos da outra bancada	Aceita/ recusa questões	Mobiliza conhecimentos científicos para os argumentos	Contraria argumentos própria bancada (-)	
1º ministro							
Líder oposição							
Deputado 1º gov							
Deputado 1ª opôs							
Deputado 2º gov							
Deputado 2ª opôs							
Whip governo							
Whip oposição							

Debate nº	Moção:						
	Indicadores						
Aluno	Traz novos argumentos	Formula argumentos válidos e fundamentados	Refuta os argumentos da outra bancada	Aceita/ recusa questões	Mobiliza conhecimentos científicos para os argumentos	Contraria argumentos própria bancada (-)	
1º ministro							
Líder oposição							
Deputado 1º gov							
Deputado 1ª opôs							
Deputado 2º gov							
Deputado 2ª opôs							
Whip governo							
Whip oposição							

Figura 47 - Grelha de observação da atividade prática de debate para registo de comportamentos específicos de acordo com os objetivos da atividade.

3.4.4 Avaliação formativa

Ao longo das práticas letivas foram vários os momentos que permitiram realizar uma avaliação formativa do processo de ensino-aprendizagem. Alguns destes momentos, foram a realização de atividades práticas de lápis e papel em grupo turma ou em grupos mais pequenos, contando sempre com a colaboração da professora, a resolução de exercícios no quadro e as questões colocadas oralmente no decorrer da aula.

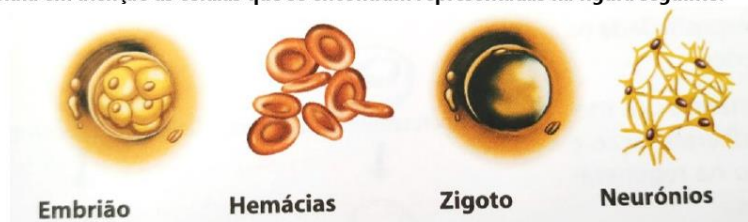
Além destes momentos, que coincidiram com a realização de outras tarefas, houve ainda oportunidade de realizar um teste formativo com a turma de 11^o ano, sobre a componente de “crescimento e renovação celular” (Figura 48). Este teste não foi sujeito a classificação, mas a sua função foi cumprida, uma vez que foi resolvido em sala de aula, em grupo e com o apoio da professora. Desta forma foi possível identificar, pelas questões colocadas durante resolução do teste, as lacunas no processo de aprendizagem dos alunos relativamente ao tema.

Biologia 11º ano

Teste formativo Crescimento e renovação celular

Nome: _____ Nº _____

1. Tenha em atenção as células que se encontram representadas na figura seguinte:



Silva, J. C., Ribeiro, E. & Oliveira, Ó. (2008). Desafios caderno de actividades ensino secundário 11º ano. Porto: Edições ASA.

1.1 Classifique-as em:

- 1.1.1 Indiferenciadas
Embrião
- 1.1.2 Totipotentes
Zigoto
- 1.1.3 Especializadas
Neurónios e Hemácias

1.2 Na afirmação que se segue assinale, com uma cruz (x), a opção que considerar mais adequada.

As células estaminais ...

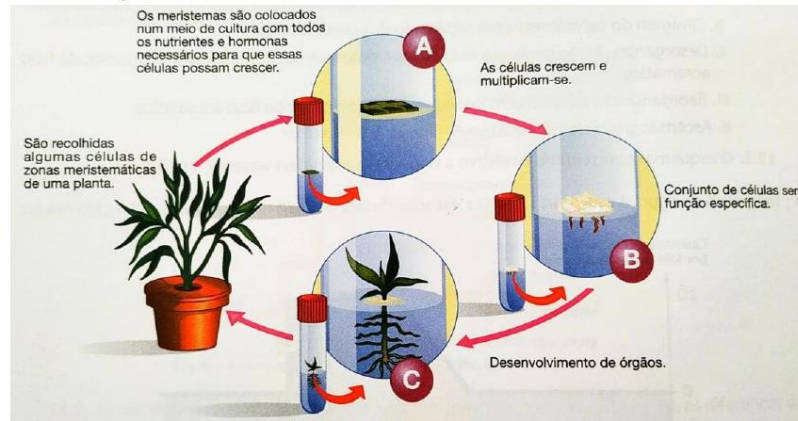
- a) têm uma divisão assimétrica
- b) existem apenas no embrião
- c) são sempre totipotentes
- d) não se conseguem obter em laboratório

2. Nas afirmações que se seguem coloque verdadeiro (V) ou falso (F).

- V a) A metastização implica que as células sejam capazes de abandonar o tecido de origem e invadir novos tecidos
- F b) A clonagem consiste na produção de células capazes de se dividirem eternamente
- F c) Uma célula indiferenciada consegue produzir um indivíduo completo
- F d) Os meristemas são tecidos adultos constituídos por células diferenciadas

Figura 48 - Teste de avaliação formativa, sobre crescimento e renovação celular, aplicado na segunda aula de biologia do 11º ano.

3. No esquema da figura seguinte está representada uma técnica laboratorial para obtenção de plantas *in vitro*.



Silva, J. C., Ribeiro, E. & Oliveira, Ó. (2008). Desafios caderno de actividades ensino secundário 11º ano. Porto: Edições ASA.

3.1 Comente a afirmação "As células em A são totipotentes".

As células que constituem os meristemas ainda não sofreram diferenciação e podem especializar-se em qualquer um dos tipos celulares que se encontram na planta adulta.

3.2 Indique o mecanismo celular responsável por:

3.2.1 ocorrer um aumento do número de células de A para B.

Mitose

3.2.2 ocorrer uma mudança na estrutura e função das células de B para C.

Diferenciação celular (especialização celular)

3.3 Pode considerar-se que a planta C é um clone da planta inicial? Sim

3.3.1 Justifique.

As células em C resultam de divisões mitóticas das células em A que, por sua vez, faziam parte da planta adulta. Assim, como a informação genética é a mesma, podem considerar-se clones.

Figura 48 (continuação) - Teste de avaliação formativa, sobre crescimento e renovação celular, aplicado na segunda aula de biologia do 11º ano.

4. A longevidade de um organismo é determinada pela genética e pelo ambiente. Atualmente, considera-se que os telómeros (extremidades dos cromossomas constituídos por unidades repetitivas) estão relacionados com a determinação da duração de uma célula. Sobre estas unidades, sabe-se que:

- a dimensão dos telómeros diminui a cada divisão;
- quando os telómeros atingem determinada dimensão mínima, a célula deixa de se dividir;
- os cromossomas sem telómeros degeneram ou ligam-se a outros cromossomas;
- às células imortais (como as células cancerosas) possuem telomerase (enzima que repõe os fragmentos retirados aos telómeros em cada divisão);
- todas as células possuem o gene para a telomerase, expressando-se este até momentos diferentes de acordo com as células em questão;
- no zigoto, o tamanho dos telómeros é máximo e mantém-se constante (devido à ação da telomerase) até determinada altura, que variará com o tecido em questão;
- tecidos diferentes possuem, além de um tempo de atuação diferente do da telomerase, telómeros de diversos tamanhos;
- o tamanho da região telomérica, controlada pela telomerase, dá-nos indicações sobre o número dos ciclos de replicação de cada célula.

(Retirado de Carrajola, C., Castro, M. J., Hilário, T. (2008) **Planeta com Vida Biologia e Geologia Livro do professor 11ºano. Santillana Constância**)

4.1 As células dos testículos humano que originam os espermatozoides, as espermatogónias, têm uma capacidade de divisão celular quase eterna, originando constantemente novas células. Considerando isso, indique:

a) **O estado de ativação ou de inibição do gene para telomerase**

Gene que codifica a telomerase ativo

b) **A presença ou a ausência de telomerase nestas células**

Telomerase presente

4.2 Selecione a opção que permite completar afirmações abaixo apresentadas.

4.2.1 Os telómeros das células _____, à medida que elas envelhecem. Quando ficam _____ as células deixam de se dividir.

Figura 48 (continuação) - Teste de avaliação formativa, sobre crescimento e renovação celular, aplicado na segunda aula de biologia do 11º ano.

- a) Aumentam (...) rápidas
- b) Reduzem-se (...) curtos
- c) Aumentam (...) longos
- d) Reduzem-se (...) longos

4.2.2 Nas células tumorais a telomerase impede o _____ do telómero. Este pode ser o motivo das _____ divisões destas células.

- a) Encurtamento (...) rápidas
- b) Encurtamento (...) lentas
- c) Alongamento (...) rápidas
- d) Alongamento (...) lentas

4.3 Considere o caso da clonagem da ovelha Dolly. Esta foi obtida a partir da fusão do núcleo de uma célula de uma glândula mamária, de uma ovelha com seis anos, com um ovo anucleado. Desde o seu nascimento até à sua morte, decorreram seis anos e sete meses.

4.3.1 Qual seria a idade real das células da Dolly quando esta morreu? Justifique a sua resposta.

12 anos e 7 meses - A idade das células da Dolly, tem que considerar a idade da célula dadora do material genético por causa da diminuição dos telómeros a cada divisão.

4.3.2 Sabendo que o tempo de vida médio das ovelhas é de cerca de 12 anos, e fazendo referência aos telómeros. Discuta a baixa longevidade dos clones.

A longevidade de um organismo depende do comprimento dos telómeros, uma vez que a cada divisão estas estruturas sofrem uma redução, a longevidade vai ser tão maior quanto maior forem os telómeros das primeiras células do organismo.

Considerando que os clones são originados a partir de células cujos telómeros já sofreram redução, estes seres nunca terão uma esperança média de vida equivalente a um organismo não clonado da mesma espécie.

Figura 48 (continuação) - Teste de avaliação formativa, sobre crescimento e renovação celular, aplicado na segunda aula de biologia do 11º ano.

5. De que modo se relaciona a diferenciação celular com a regulação dos processos de transcrição e tradução de genes?

A diferenciação celular é o processo que permite que, partindo do mesmo material genético, se obtenham células com formas e funções distintas.

Dado que as células terão a mesma informação genética nos seus núcleos, as diferenças acentuadas entre tipos celulares diferentes terão que depender do controlo da expressão génica. Este controlo poder dar-se em vários momentos, sendo dois deles o controlo da transcrição, inibindo ou promovendo a transcrição de determinados genes; ou o controlo da tradução, promovendo ou inibindo a formação das cadeias polipeptídicas codificadas em determinados genes.

Figura 48 (continuação) - Teste de avaliação formativa, sobre crescimento e renovação celular, aplicado na segunda aula de biologia do 11º ano.

3.4.5 Avaliação sumativa

A avaliação sumativa implicou a construção de várias grelhas e critérios de avaliação para os recursos aplicados nas aulas. No entanto, nem todos os elementos de avaliação sumativa construídos foram aplicados ou puderam ser aplicados com esse objetivo, como veremos de seguida.



Dos instrumentos de avaliação sumativa construídos para o 11º ano, fizeram parte o relatório em V de Gowin da atividade prática “Dividir para multiplicar”, a participação na atividade prática de debate avaliada pelo preenchimento de grelhas e tabelas de observação e o teste sumativo (Figura 49). Dos elementos referidos apenas o V de Gowin foi utilizado como método de avaliação sumativa, tendo as classificações obtidas nesse relatório sido consideradas na avaliação dos alunos. O teste sumativo não foi totalmente aplicado, visto ter sido necessário avaliar mais temáticas simultaneamente. A sua aplicação parcial ocorreu em conjunto com frações dos testes dos colegas estagiários, que o professor cooperante juntou e adaptou para construir o primeiro teste de avaliação sumativa do 2º período.

Relativamente ao debate, esta atividade acabou por não ser contabilizada de modo formal, uma vez que nem todos os alunos tiveram oportunidade de participar e de serem avaliados em virtude de a escola ter sido encerrada mais cedo, o que implicou o término da aula antes do tempo estipulado.

Sobre a construção do teste sumativo importa dizer que este seguiu o modelo de questões e estrutura apresentados nos exames nacionais desenhados pelo Ministério da Educação, sendo que cada grupo contém textos e por vezes imagens ou gráficos que complementam a informação contida no texto. Antes da construção do teste construiu-se uma matriz (Anexo VI) para perceber de que forma se iriam distribuir os conteúdos e o valor atribuído a cada um, bem como, para permitir controlar o grau cognitivo das questões. Neste último ponto, utilizou-se a taxonomia de Bloom para categorizar cada questão, uma vez que esta taxonomia se constitui “como um dos referenciais mais amplamente utilizados no domínio da definição de objetivos de aprendizagem.” (Soares et al., 2017, p. 394). Além da matriz do professor foi também construída uma segunda matriz, simplificada, destinada a auxiliar a organização do estudo dos alunos (Anexo VII) e foram ainda redigidos os critérios e descritores para a correção do teste (Anexo VIII).

Na turma de 7º ano, constituíram elementos de avaliação, a parte 2 da atividade prática de lápis e papel “Viagem ao centro da Terra” e o resumo (Figura 50) realizado como trabalho de casa sobre o estudo do interior da geosfera. À semelhança do 11º ano, foi construído um teste de avaliação sumativa (Figura 51), com a respetiva matriz (Anexo IX), a

matriz para os alunos (Anexo X) e os critérios de correção (Anexo XI), no entanto este não foi aplicado à turma.

	ES D. Duarte		Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologia Biologia e Geologia-11ºA Ano Letivo 2018/2019
---	--------------	---	---

Prova escrita de avaliação sumativa de Biologia e Geologia

Duração da prova: 135 minutos | **Tolerância:** 10 minutos

Indique de forma legível a versão da prova (versão 1 ou versão 2).

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

Não é permitido o uso de corretor. Em caso de engano, risque aquilo que pretende que não seja classificado.

Para cada resposta, identifique o grupo e o item.

Apresente as suas respostas de forma legível.

Apresente apenas uma resposta para cada item. No caso de serem apresentadas mais do que uma resposta apenas será classificada aquela que for apresentada em primeiro lugar.

As cotações dos itens encontram-se no final do enunciado da prova.

Página 1 de 12

Figura 49 - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

Grupo I

O peixe tetra-mexicano (*Astyanax mexicanus*) apresenta atualmente populações distintas considerando os locais que habitam. A população de água doce que habita nos rios do norte do México e as populações que habitam em grutas, e que habitaram, há cerca de 1,5 milhões de anos, os mesmos rios tendo sido arrastadas por inundações para cavernas. A comparação de duas destas populações de peixes tetra-mexicanos permitiu concluir que aqueles que habitam nos rios têm a capacidade de regenerar o coração após lesões cardíacas, enquanto naqueles que habitam nas grutas de Pachón, o tecido cicatriza, dificultando assim o bombeamento do sangue.

Um estudo recente descobriu três áreas do genoma destes peixes envolvidas na sua capacidade de regenerar o tecido do coração. Dois destes genes (*lrrc10* e *caveolin*) estão muito mais ativos em peixes do rio após uma lesão cardíaca, enquanto nos peixes que habitam nas grutas isso não se verifica. O gene *lrrc10* também está presente nos humanos. Após esta descoberta, os autores do estudo prosseguiram com a realização de um *knockout*¹ para o gene *lrrc10* em diferentes espécies de peixes com capacidades regenerativas.

No futuro, o objetivo passa por descobrir formas de regenerar o músculo do coração em doentes que sofreram ataques cardíacos, evitando que a solução passe pelo transplante em casos mais graves. Mathilda Mommersteeg acredita "que este peixe pode dizer-nos, a determinada altura, como podemos reparar o coração humano", apesar de sublinhar que é preciso uma maior investigação para perceber quais os genes que podem estar envolvidos na regeneração cardíaca.

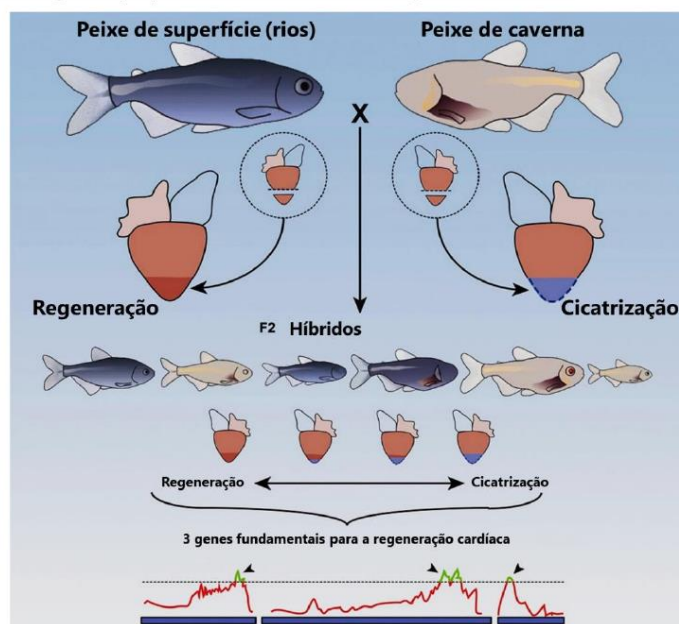


Figura 1 - Representação esquemática do procedimento experimental realizado por Mommersteeg et al.

Adaptado de Stockdale, W. T., Lemieux, M. E., Killen, A. C., Zhao, J., Hu, Z., Riepsaame, J., ... & Mommersteeg, M. T. M. (2018). Heart Regeneration in the Mexican Cavefish. *Cell reports*, 25(8), 1997-2007.

¹ O *knockout* é uma técnica genética que consiste no bloqueio da expressão de um determinado gene.

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

1. Nas respostas a cada um dos itens de 1.1 a 1.4, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção correta.

1.1 As descobertas dos autores relativamente à função dos genes identificados foram confirmadas com os resultados dos seus estudos. Assim, após a realização do knockout ao gene *lrrc10*, ter-se-á concluído que com este gene a funcionar corretamente os animais são _____ de regenerar totalmente o tecido cardíaco. Esta regeneração depende da ocorrência de múltiplas _____.

- a) incapazes (...) mitoses
- b) capazes (...) mitoses
- c) capazes (...) meioses
- d) incapazes (...) meioses

1.2 As afirmações que se seguem dizem respeito à definição de espécie. Selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

- i. As populações do peixe tetra-mexicano representam espécies diferentes.
 - ii. Seres vivos que se podem cruzar entre si, originando descendência fértil, pertencem à mesma espécie.
 - iii. As populações de *Astyanax mexicanus* isoladas nas grutas podem vir a originar uma nova espécie.
- a) iii é verdadeira; i e ii são falsas
 - b) ii é verdadeira; i e iii são falsas
 - c) ii e iii são verdadeiras; i é falsa
 - d) i e ii são verdadeiras; iii é falsa

1.3 Considerando o desenho experimental representado na **Figura 1**, o *Astyanax mexicanus* reproduz-se _____, pelo que na geração F2 se obtiveram _____, ou seja, verificou-se, em F2, que a variabilidade genética da espécie _____.

- a) assexuadamente (...) clones do progenitor (...) aumentou
- b) sexuadamente (...) híbridos entre as duas populações (...) aumentou
- c) sexuadamente (...) clones do progenitor (...) não se alterou
- d) sexuadamente (...) híbridos entre as duas populações (...) não se alterou

1.4 A população de peixe tetra-mexicano apresenta uma circulação _____.

- a) simples, circulando sangue arterial no coração
- b) dupla, circulando sangue arterial no coração
- c) simples, circulando sangue venoso no coração

Página 3 de 12

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

d) dupla, havendo uma mistura parcial de sangue venoso com arterial

1.5 O processo de regeneração do coração de *Astyanax mexicanus* implica a formação de vários tipos celulares. Isto é possível graças à existência de células _____, originadas por desdiferenciação, capazes de originar novamente os vários tipos de células presentes no tecido cardíaco do peixe tetra-mexicano.

- a)** estaminais unipotentes
- b)** estaminais totipotentes
- c)** estaminais pluripotentes
- d)** estaminais multipotentes

1.6 No processo de osmorregulação, ao nível das brânquias e dos rins, respetivamente, os peixes das populações que habitam os rios do norte do México ...

- a)** absorvem água por osmose e produzem urina concentrada.
- b)** eliminam água por osmose e produzem urina concentrada.
- c)** absorvem água por osmose e produzem urina diluída.
- d)** eliminam água por osmose e produzem urina diluída.

1.7 As trocas gasosas entre o organismo dos peixes tetra-mexicanos e o meio ocorrem por ...

- a)** difusão direta, através de superfícies humedecidas.
- b)** difusão indireta, através da superfície corporal.
- c)** difusão direta, através de superfícies não vascularizadas.
- d)** difusão indireta, através de superfícies muito vascularizadas.

2. "Os peixes das grutas habitaram, em tempos, nos rios mas foram arrastados por inundações para as cavernas, o que fez com que estes animais se adaptassem às condições do seu novo habitat e a viver em total escuridão. Neste sentido, perderam a visão e a cor.". À luz da teoria de Lamarck, a que se terá devido a alteração de cor e da capacidade de visão das populações de *Astyanax mexicanus* que habitam as grutas?

3. Embora todas as células de um indivíduo apresentem o mesmo património genético, verificam-se diferenças entre células com funções distintas. Explique a que se devem as diferenças que se verificam entre células com funções diferentes de um mesmo indivíduo.

Página 4 de 12

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

Grupo II

O lobo-ibérico, *Canis lupus signatus* (Cabrera, 1907), é uma subespécie do lobo cinzento, endêmica da Península Ibérica. Para além de uma pelagem distinta da dos restantes lobos, o lobo-ibérico é também mais pequeno, pesando entre 30 a 40 kg em adulto, característica esta que poderá estar relacionada com o clima quente em que habita.

Tal como o Homem, o lobo é um ser social. Vive em alcateia, um grupo familiar de forte organização hierárquica normalmente constituídos por um casal reprodutor (casal alfa, líder do grupo) e os seus descendentes.

O lobo-ibérico atinge a sua maturidade sexual aos dois anos, altura em que abandona o grupo para encontrar um parceiro sexual e juntos formarem a sua própria alcateia. Numa alcateia, geralmente, apenas o casal alfa se reproduz. A época de acasalamento é entre fevereiro e março, seguindo-se dois meses de gestação até ao nascimento da ninhada que pode ter entre 3 a 6 crias.

Aptado de Espada, C. (s/ data). Lobo-ibérico. Quero Saber Anual, pp. 110 - 113.

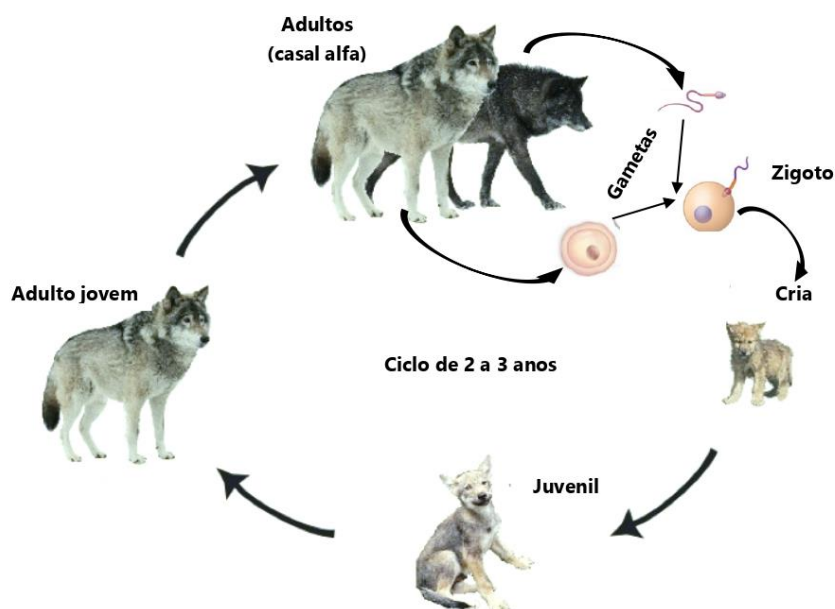


Figura 2 - Ciclo de vida do lobo

1. Considerando as regras taxonómicas da nomenclatura binomial indique o que significa cada um dos termos utilizados na identificação da espécie referida no texto.

2. Nas respostas a cada um dos itens de 2.1 a 2.3, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção correta.

2.1 O modo de reprodução dos lobos é uma forma de reprodução _____ que origina descendentes geneticamente _____ dos progenitores.

- a) sexuada (...) diferentes
- b) assexuada (...) diferentes
- c) sexuada (...) idênticos
- d) assexuada (...) idênticos

2.2 De acordo com a teoria sintética da evolução, o lobo ibérico...

- a) tornou-se mais pequeno a cada geração para conservar a temperatura corporal.
- b) sofreu uma pressão seletiva pelas temperaturas típicas do seu habitat que favoreceu os espécimes de menor dimensões.
- c) sofreu uma pressão seletiva pelas temperaturas típicas do seu habitat que favoreceu a transmissão dos genes responsáveis pela pequena estatura dos indivíduos.
- d) tornou-se mais pequeno para diminuir a temperatura corporal e transmitiu essa característica às gerações seguintes.

2.3 A espécie *Canis lupus suignatus*, apresenta um ciclo de vida _____, com meiose _____.

- a) diplonte (...) pós-zigótica
- b) haplonte (...) pré-gamética
- c) haplodiplonte (...) pré-espórica
- d) diplonte (...) pré-gamética

2.4 O lobo apresenta, em situação normal, um genótipo com um total de 78 cromossomas. No entanto, durante a meiose podem ocorrer erros que levam a que este número aumente ou diminua 1 cromossoma. As monossomias e as trissomias devem-se à ocorrência de...

- a) erros durante o *crossing-over*
- b) inversão
- c) translocação
- d) não-disjunção

2.5 A distinção entre células germinais e células somáticas de um organismo pressupõe a...

- a) existência de genomas diferentes nas células.
- b) independência relativamente ao meio.
- c) regulação génica ao nível da transcrição.
- d) ocorrência de mutações génicas sequenciais.

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

3. Ordene as expressões identificadas pelas letras de A a F, de modo a reconstituir a sequência correta de acontecimentos na meiose.
- A. Separação de bivalentes.
 - B. Troca recíproca de segmentos de cromatídeos.
 - C. Emparelhamento de cromossomas homólogos.
 - D. Divisão de centrómeros.
 - E. Formação de dois núcleos haploides.
 - F. Formação do fuso acromático
4. Organismos que se reproduzem de maneira sexuada, tais como animais e plantas, possuem diferentes estratégias para garantir o encontro dos gametas. Uma dessas estratégias é o hermafroditismo, que permite que, em algumas espécies, ocorra a autofecundação. O hermafroditismo é encontrado, principalmente, em animais que são sésseis. No geral, as espécies que se movimentam apresentam menos casos de hermafroditismo. Como se designam os casos capazes de autofecundação e qual as vantagens e desvantagens que essa capacidade lhes proporciona.

Grupo III

As sequoias pertencem a um grupo de coníferas dioicas muito famosas por poderem atingir mais de 100 m de altura. Estas árvores apresentam uma enorme importância ecológica uma vez que filtram eficazmente o ar, os solos e a água, sendo capazes de remover quantidades recorde de CO₂, o principal gás causador do aquecimento global. Estas árvores são nativas de uma estreita faixa de terra ao longo da costa oeste dos EUA, uma zona com temperaturas moderadas, e uma névoa que rola do oceano fornecendo água.

Como o tempo de vida destas gigantes é maior que o das outras árvores, a sua capacidade de retenção de dióxido de carbono também é maior, pelo que são muito mais eficazes no combate às alterações climáticas. Assim, a *Archangel Ancient Tree Archive*, uma organização norte-americana sem fins lucrativos que propaga as maiores árvores do mundo pelo planeta, levou a cabo uma expedição para clonar os rebentos de 3 troncos antigos no norte da Califórnia. Pensava-se até então que estes troncos, de aproximadamente 3000 anos de idade, seriam impossíveis de clonar. A solução foi encontrada em brotos basais (material vivo) à volta da base destes troncos.

Desde o momento da recolha, o material para clonagem leva cerca de 2 anos e meio para propagar os rebentos e cresce-los até um tamanho adequado para a lantação. Em condições normais, estas árvores fazem clones de si próprias; algumas décadas antes da morte natural uma árvore hospedeira origina um círculo quase perfeito de clones, conhecido como um "anel de fadas", a cerca de 20 metros do seu tronco.

Adaptado de Anon. (13 de dezembro de 2018). *Archangel Ancient Tree Archive to Plant Clones of World's Largest Trees at National Site*. Obtido em 10 de janeiro de 2019, de Archangel Ancient Tree Archive: <https://www.ancienttreearchive.org/archangel-ancient-tree-archive-to-plant-clones-of-worlds-largest-trees-at-national-site/>

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

1. Nas respostas a cada um dos itens de 1.1 a 1.4, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção correta.

1.1 De acordo com o sistema de classificação de Whittaker modificado, as sequoias pertencem, inequivocamente, ao reino Plantae, por apresentarem ...

- a) fixação ao solo e nutrição por absorção.
- b) diferenciação tecidual elevada e autotrofia.
- c) células eucarióticas e capacidade fotossintética.
- d) multicelularidade e tecidos especializados.

1.2 As sequoias pertencem ao grupo das gimnospérmicas, ou seja, são plantas vasculares cuja semente não se encontra protegida por um fruto. A estrutura multicelular à qual chamamos árvore liberta ...

- a) esporos produzidos por mitose.
- b) gametas produzidos por mitose.
- c) gametas produzidos por meiose.
- d) esporos produzidos por meiose.

1.3 As sequoias são seres eucariontes cujas células apresentam algum nível de complexidade. De acordo com a teoria endossimbiótica,

- a) as mitocôndrias ter-se-ão originado a partir de procariontes anaeróbios.
- b) as invaginações da membrana celular originaram o núcleo.
- c) os procariontes surgiram por associações entre eucariontes.
- d) os cloroplastos resultaram da captura de procariontes fotossintéticos.

1.4 Dada a altura que as sequoias podem atingir, o movimento ascendente de água nos seus vasos condutores só ocorre eficazmente até ao topo devido ...

- a) a pressões osmóticas negativas nos vasos xilémicos foliares
- b) a pressões osmóticas positivas na raiz da planta
- c) à pressão radicular resultante da elevada pressão osmótica das raízes
- d) às propriedades de tensão-coesão-adesão das moléculas de água associadas a pressões positivas nas folhas

1.5 A cultura de células vegetais in vitro permite obter, a partir de uma única célula alterada geneticamente, uma planta inteira que exhibe ____ suas células ____.

- a) em todas as [...] os genes estranhos e próprios
- b) em todas as [...] apenas os genes próprios
- c) em algumas das [...] os genes estranhos e próprios
- d) em algumas das [...] apenas os genes próprios

1.6 As árvores que constituem os chamados "anéis de fada" são

- a) geneticamente idênticas entre si graças aos avanços das tecnologias de clonagem

Página 8 de 12

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

- b) geneticamente idênticas entre si por serem descendentes da mesma planta por reprodução assexuada
 - c) geneticamente distintas devido à união aleatória dos gametas
 - d) geneticamente distintas devido à formação dos esporos por meiose
2. As árvores são os pulmões do planeta. São também uma parte importante do ciclo do carbono uma vez que quando as árvores realizam fotossíntese captam CO₂ e convertem-no para libertar oxigénio. Ordene as expressões identificadas pelas letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica de acontecimentos relacionados com a fotossíntese.
- A. Libertação de oxigénio.
 - B. Cisão da molécula de água.
 - C. Formação de glúcidos.
 - D. Excitação de clorofila.
 - E. Redução de dióxido de carbono.
3. A mutação de um gene codificador de uma proteína afeta o desenvolvimento embrionário de uma determinada planta, provocando, por exemplo, a formação de células com dois núcleos. Essa proteína é fundamental para que ocorra a fusão de vesículas derivadas do complexo de Golgi. Explique de que modo a mutação referida pode ter como consequência o aparecimento de células binucleadas.
4. Após os estudos descritos no texto, a Archangel Ancient Tree Archive procedeu no passado dia 14 de dezembro de 2018 à plantação de 75 plântulas com o objetivo de tentar criar um "super bosque". Estas 75 plântulas resultaram da clonagem de 5 troncos diferentes. Considerando que quanto maior a árvore, mais quantidade de CO₂ esta recolhe, porque não se fizeram clones apenas da maior?

5.

Grupo IV

O rato-toupeira-pelado (*Heterocephalus glaber*), um pequeno mamífero que possui uma invulgar resistência às doenças da velhice e cujo genoma é $2n=60$, tem sido alvo de múltiplos estudos como objetivo de desvendar os segredos da sua longevidade. Perceber o que torna este animal tão resistente às doenças da velhice pode contribuir para o estudo do envelhecimento humano, uma vez que nunca foi detetado cancro nestes animais. Há ainda dados que sugerem que as suas células possuem capacidades anti-tumorais inexistentes noutros roedores ou nos seres humanos.

Os fibroblastos (células que segregam a substância fundamental da matriz celular) do rato-toupeira-pelado secretam ácido hialurónico (HA) de peso molecular extremamente alto, que é cinco vezes superior ao do Homem ou do rato. Este HA de alto peso molecular acumula-se abundantemente nos tecidos da toupeira devido à reduzida atividade das enzimas degradantes do HA. Uma vez removido o HA das células desta toupeira, verifica-se que ela se torna mais suscetível ao aparecimento de tumores.

Um grupo de investigadores tentou perceber de que modo o HA do *Heterocephalus glaber* difere do de outros animais, utilizando para esse estudo o rato, o porquinho-da-índia, a toupeira cega e o Homem. De um modo muito resumido e simplificado os passos seguidos pelos investigadores foram:

- Isolamento de células do pulmão e da axila dos animais
- Culturas celulares

Página 9 de 12

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

- Purificação do HA a partir dos meios de cultura ao fim de 20 dias
- Precipitação do HA por adição de etanol
- Incubação da amostra obtida (1 noite)
- Preparação de uma porção de cada amostra para eletroforese¹
- Obtenção do gel de eletroforese para comparação dos pesos moleculares (Figura 3b)

Com os resultados obtidos foi possível, entre outras coisas, comparar a viscosidade que cada tipo de HA proporcionou ao meio (Figura 3a) e o peso molecular do HA (Figura 3b) das espécies em estudo.

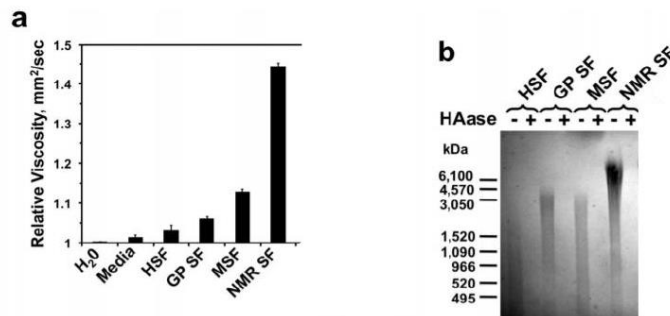


Figura 3 a) Viscosidade do meio após 20 dias de cultura. (Média – meio de cultura; HSF – pele humana; GP SF – pele de porquinho-da-índia; MSF – pele de rato; NMR SF – pele de rato-toupeira-pelada). b) Gel obtido na eletroforese mostrando os pesos moleculares das diferentes moléculas em kDa.

Adaptado de Tian, X., Azpurua, J., Hine, C., Vaidya, A., Myakishev-Rempel, M., Ablueva, J., ... & Seluanov, A. (2013). High-molecular-mass hyaluronan mediates the cancer resistance of the naked mole rat. *Nature*, 499(7458), 346.

1. Nas respostas a cada um dos itens de 1.1 a 1.4, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta. Escreva, na folha de respostas, o número do item e a letra que identifica a opção correta.

1.1 Os proto-oncogenes podem tornar-se oncogenes que causam o aparecimento de cancros. Qual das seguintes alternativas explica melhor a presença dessas potenciais bombas-relógios nas células eucarióticas?

- a) Os proto-oncogenes surgiram a partir de infeções virais.
- b) Os proto-oncogenes são versões mutantes dos genes normais.
- c) Os proto-oncogenes são "lixo" genético.
- d) Os proto-oncogenes normalmente ajudam a regular a divisão celular.

1.2 A vinblastina é um fármaco quimio-terapeutico padrão usado no tratamento do cancro. Devido ao facto de interferir no alinhamento dos microtúbulos, a sua eficácia deve estar relacionada com:

- a) perturbações na replicação do DNA.
- b) distúrbios na formação do fuso mitótico.
- c) inibição da formação do sulco de clivagem.
- d) inibição da síntese de DNA.

¹ A eletroforese é uma técnica de biologia molecular que permite separar e quantificar determinadas moléculas de uma amostra, de acordo com o seu peso molecular.

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

1.3 Uma célula do rato-toupeira-pelado em metáfase I, em metáfase II e em telófase II apresenta, respetivamente ...

- a) 60 cromossomas; 30 cromatídeos; 30 cromossomas
- b) 120 cromatídeos; 30 cromossomas; 30 cromossomas
- c) 120 cromossomas; 60 cromatídeos; 30 cromatídeos
- d) 120 cromatídeos; 60 cromossomas; 60 cromatídeos

1.4 As afirmações que se seguem dizem respeito à ocorrência de mutações. Selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

- i. As mutações podem fornecer, aos seus portadores, características vantajosas.
 - ii. As mutações ocorridas em células somáticas podem transmitir-se hereditariamente.
 - iii. A ação de agentes externos pode induzir mudanças permanentes no DNA.
- a) iii é verdadeira; i e ii são falsas
 - b) ii é verdadeira; i e iii são falsas
 - c) i e iii são verdadeiras; ii é falsa
 - d) i e ii são verdadeiras; iii é falsa

1.5 Considere a afirmação "A molécula de ácido hialurónico do *Heterocephalus glaber* é estruturalmente mais complexa do que a do Homem".

- a) A afirmação é suportada pelo gráfico "a" e não relacionada com os dados fornecidos pelo gel representado em "b"
- b) A afirmação é contrariada pelo gráfico "a" e suportada pelo gel representado em "b"
- c) A afirmação não está relacionada com os resultados apresentados, não sendo possível avaliá-la.
- d) A afirmação é suportada pelo gráfico "a" e contrariada pelo gel representado em "b"

2. Indica quais as experiências controlo e quais as variáveis dependentes e independentes utilizadas.

3. A proteína p53 pode ativar os genes envolvidos no processo de apoptose, que é um mecanismo de morte celular programada. Discuta de que modo mutações nos genes que codificam proteínas que intervêm na apoptose podem contribuir com o aparecimento de um cancro.

Bom trabalho!

Cristina Figueiredo

Página 11 de 12

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

Cotações

Grupo	Item										Pontos
	Cotação (em pontos)										
I	1.1 5	1.2 5	1.3 5	1.4 5	1.5 5	1.6 5	1.7 5	2 10	3 10		55
II	1 6	2.1 5	2.2 5	2.3 5	2.4 5	2.5 5	3 6	4 10			47
III	1.1 5	1.2 5	1.3 5	1.4 5	1.5 5	1.6 5	2 6	3 10	4 10		56
IV	1.1 5	1.2 5	1.3 5	1.4 5	1.5 5	2 7	3 10				42
Total											200

Bibliografia

- Anon. (13 de dezembro de 2018). *Archangel Ancient Tree Archive to Plant Clones of World's Largest Trees at National Site*. Obtido em 10 de janeiro de 2019, de Archangel Ancient Tree Archive: <https://www.ancienttreearchive.org/archangel-ancient-tree-archive-to-plant-clones-of-worlds-largest-trees-at-national-site/>
- Espada, C. (s/ data). Lobo-ibérico. *Quero Saber Anual*, pp. 110 - 113.
- Gerschenfeld, A. (5 de Julho de 2011). Foi sequenciado o genoma do rato-toupeira que não tem cancro. (T. Firminio, Ed.) *Público*. Obtido em 3 de janeiro de 2019, de <https://www.publico.pt/2011/07/05/ciencia/noticia/foi-sequenciado-o-genoma-do-ratotoupeira-que-nao-tem-cancro-1501547>
- Mendes, F. A. (21 de novembro de 2018). Peixe mexicano pode dar pistas sobre regeneração do coração. (T. Firminio, Ed.) *Público*. Obtido em 8 de dezembro de 2018, de <https://www.publico.pt/2018/11/21/ciencia/noticia/peixe-mexicano-dar-pistas-regenerar-coracao-1851962>
- Stockdale, W. T., Lemieux, M. E., Killen, A. C., Zhao, J., Hu, Z., Riepsaame, J. N., . . . Mommersteeg, M. T. (20 de novembro de 2018). Heart Regeneration in the Mexican Cavefish. *Cell Reports*. Obtido em 8 de dezembro de 2018, de <http://eprints.whiterose.ac.uk/139696/13/Heart%20Regeneration%20in%20the%20Mexican%20Cavefish.pdf>
- Therrien, A. (21 de novembro de 2018). Mexican tetra fish may offer heart repair clues. *BBC News*. Obtido em 8 de dezembro de 2018, de <https://www.bbc.com/news/health-46275178>
- Tian, X., Azpurua, J., Hine, C., Vaidya, A., Myakishev-Rempel, M., Ablava, J., & ... & Seluanov, A. (2013). High-molecular-mass hyaluronan mediates the cancer resistance of the naked mole rat. *Nature* 499(7458), 346.

Figura 49 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre crescimento e renovação celular e meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

Atividade prática de lápis e papel "Resumindo..."

Nome: _____ Data: __/__/____ Avaliação: _____

No espaço em branco que se segue, deve construir um resumo onde inclua todos os conceitos que apreendeu relativos ao tema **Estrutura Interna da Terra**. (O resumo não deve ultrapassar as duas páginas)

Figura 50 - Atividade Resumindo, destinada à turma de 7.º ano. (A segunda página desta ficha não se encontra aqui apresentada por corresponder apenas a espaço em branco delimitado pela tabela).

Prova escrita de avaliação sumativa de Ciências Naturais

Duração da prova: 45 minutos | **Tolerância:** 10 minutos

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

Não é permitido o uso de corretor. Em caso de engano, risque aquilo que pretende que não seja classificado.

Apresente as suas respostas de forma clara.

Apresente apenas uma resposta para cada item.

Responda nos espaços deixados em branco para o efeito.

As citações dos itens encontram-se no final do enunciado da prova.

Figura 51 - Teste de avaliação sumativa sobre estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

Grupo I

“A partir da década de 1950, a humanidade pôde observar a Terra vista de longe por meio das fotografias obtidas durante as viagens espaciais. Hoje em dia, as imagens fornecidas pelos satélites permitem caracterizar as grandes feições superficiais do nosso planeta, e detalhá-las com base nos estudos das rochas componentes e suas propriedades físicas e químicas. No entanto, o mesmo não é possível para o caso do interior do planeta, já que a maior profundidade atingida em perfurações para observação direta dos materiais rochosos foi de 12 km, na península de Kola (Rússia), o que é quase nada, comparado com o raio terrestre.”

Retirado de Toledo, M. C. M. (s/ data) Estrutura interna da Terra. In B. B. Casaro (Ed.). Geologia (pp. 43 – 68). São Paulo: Universidade de São Paulo.

Analise o texto anterior e responda às questões que se seguem. Nas questões de escolha múltipla selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

1. O método de estudo do interior da Terra que se encontra referido no texto é a ...
 - ___ (A) Sismologia
 - ___ (B) Astrogeologia
 - ___ (C) Sondagem
 - ___ (D) Observação de afloramentos
2. Explique quais as limitações do método de estudo da estrutura interna da Terra identificado na questão anterior.
3. As afirmações que se seguem dizem respeito ao estudo da estrutura interna da Terra. Selecione a única opção que as avalia corretamente.
 - I – Os cientistas estudam as camadas abaixo da crosta terrestre por observação direta.
 - II – Os métodos indiretos são os mais usados para estudar o interior da Terra.
 - III – A Geofísica é uma área científica que usa métodos indiretos para estudar a Terra.
 - IV – A atividade sísmica é um método direto de estudo da estrutura interna da Terra.
 - ___ (A) as afirmações III e IV são falsas e as afirmações I e II são verdadeiras.
 - ___ (B) a afirmação I é falsa e as restantes são verdadeiras.
 - ___ (C) as afirmações II e III são verdadeiras e as afirmações I e IV são falsas.
 - ___ (D) as afirmações I e IV são verdadeiras e as afirmações II e III são falsas.

Página 2 de 8

Figura 51 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

4. Faça corresponder a cada uma das afirmações relativas ao estudo da estrutura interna da Terra, expressas na coluna A, um dos métodos de estudo, que constam da coluna B.

Coluna A	Coluna B
(a) Compara a Terra a um íman gigantesco.	
(b) Permitem recolher tarolos que dão informações sobre a constituição das rochas.	(1) Explorações mineiras (2) Afloramentos rochosos
(c) Surgem à superfície por levantamentos tectónicos.	(3) Geomagnetismo
(d) Processos, atividades e indústrias cujo objetivo é a extração de substâncias minerais.	(4) Astrogeologia (5) Sondagens
(e) Compara a Terra a outros corpos do sistema solar.	

(a) _____; (b) _____; (c) _____; (d) _____; (e) _____;

5. As placas tectónicas são porções de...

- ___ (A) crosta, movidas por forças localizadas no manto.
 ___ (B) litosfera, movidas por forças provenientes da astenosfera.
 ___ (C) litosfera, movidas por forças exteriores à Terra.
 ___ (D) crosta, movidas por força geradas nas zonas de rifte.

6. A crosta divide-se em dois tipos, crosta continental e crosta oceânica, cujas principais rochas constituintes são, respetivamente, ...

- ___ (A) basalto e granito
 ___ (B) peridotito e basalto
 ___ (C) granito e basalto
 ___ (D) granito e peridotito

7. O movimento das placas litosféricas ocorre devido à existência de correntes de convecção na _____. Estas correntes só são possíveis devido ao estado _____ desta camada.

- ___ (A) Astenosfera (...) sólido plástico
 ___ (B) Mesosfera (...) sólido rígido
 ___ (C) Endosfera (...) líquido
 ___ (D) Astenosfera (...) líquido

Figura 51 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

Grupo II

"A imaginação dos antigos, no que diz respeito ao interior da Terra, não os conduzia muito mais longe do que as grutas e as catacumbas. Lucrécio (século I a. C.) persuadia os leitores de *De rerum natura* que «a Terra é, nas suas profundezas como à superfície, em todo o lado cheia de cavernas onde sopram os ventos». A ideia de uma Terra oca foi também explorada pelos autores de viagens imaginárias, porque como poderiam eles visitar as entranhas da Terra a menos que nelas houvesse espaço? Um pouco mais tarde o Pai da Igreja Tertuliana (150-222) afirmava que o lugar tenebroso situado nas profundezas da Terra era povoado por todos os mortos. No século XIII afirmou-se a ideia de que o fogo infernal tem a sua sede nas regiões centrais da Terra que se manteve até ao início do século XIX. Os avanços científicos e tecnológicos, principalmente no âmbito da sismologia, permitiram que atualmente sejam considerados dois modelos da estrutura da Terra baseados em critérios diferentes: o modelo geoquímico (...) e o modelo físico (...)."

Retirado de Jean-Paul Poirier, *O núcleo da Terra*. Biblioteca básica de ciência e cultura.

Após uma leitura atenta do texto responda às questões que se seguem.

1. Ordene as letras de A a D, de modo a reconstituir, parcialmente, a evolução do modelo da Terra ao longo dos tempos.

- (A) modelo da Terra oca.
- (B) modelo geofísico e geoquímico da Terra.
- (C) modelo da Terra povoado por todos os mortos.
- (D) modelo da Terra com um fogo central perpétuo.

2. O gráfico da Figura 1 representa a velocidade e propagação das ondas sísmicas no interior da Terra. As ondas _____ não se propagam em meios _____.

- ___ (A) P (...) líquidos
- ___ (B) P (...) sólidos plásticos
- ___ (C) S (...) sólidos rígidos
- ___ (D) S (...) líquidos

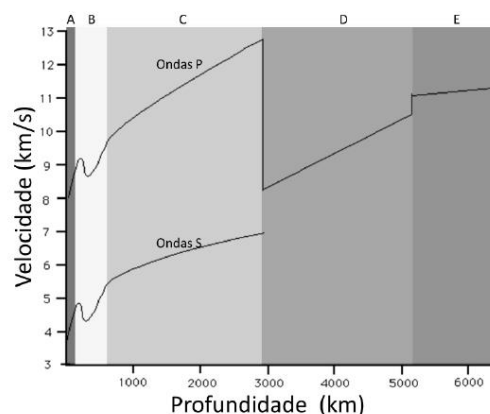


Figura 1 – Gráfico da velocidade das ondas sísmicas em função da profundidade na geosfera. Adaptado de <http://magnet.fsu.edu/~odom/1000/interior/inter.html>

Página 4 de 8

3. De acordo com o texto, os modelos da estrutura interna da Terra...

- ___ (A) resultam principalmente de dados sismológicos.
- ___ (B) devem-se aos avanços científicos e tecnológicos no âmbito da meteorologia.
- ___ (C) foram construídos principalmente por paleontólogos.
- ___ (D) resultam do estudo dos homens da Ciência do século XIII.

4. A Figura 2 representa os dois modelos propostos para a estrutura interna da geosfera que se encontram referidos no texto.

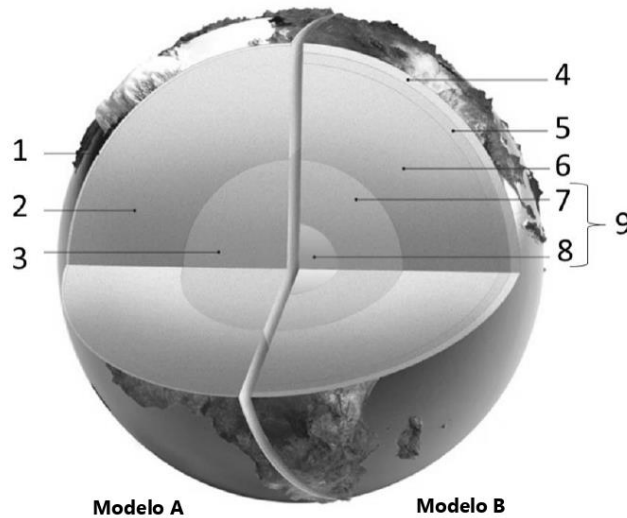


Figura 2 - Modelos da estrutura interna da Terra. Retirado de Porto Editora

4.1 O modelo representado em **A** baseia-se ...

- ___ (A) no estado físico dos materiais que constituem o planeta Terra.
- ___ (B) na existência de 3 camadas: litosfera, mesosfera e endosfera.
- ___ (C) no comportamento físico dos materiais que constituem a Terra.
- ___ (D) na composição químico-mineralógica dos materiais do interior da Terra.

4.2 Os números **6, 7 e 8** representam, respetivamente, ...

- ___ (A) a mesosfera, a endosfera externa e a endosfera interna.
- ___ (B) a crosta, o manto e o núcleo.
- ___ (C) a litosfera, a mesosfera e a endosfera.
- ___ (D) a crosta, o manto e a endosfera.

4.3 A camada assinalada com o número **3**...

- ___ **(A)** é constituída por peridotito.
- ___ **(B)** é constituída por ferro e níquel.
- ___ **(C)** é constituída essencialmente por basaltos.
- ___ **(D)** consiste maioritariamente em rochas graníticas.

4.4 A camada assinalada com o número **6**...

- ___ **(A)** encontra-se no estado sólido rígido.
- ___ **(B)** encontra-se no estado líquido.
- ___ **(C)** encontra-se no estado sólido plástico.
- ___ **(D)** encontra-se no estado líquido plástico.

5. A figura 1 representa um tipo específico de limite tectónico entre duas placas litosféricas.

Relativamente a esta figura indique:

5.1.1 A que camadas se referem as letras X e Y.

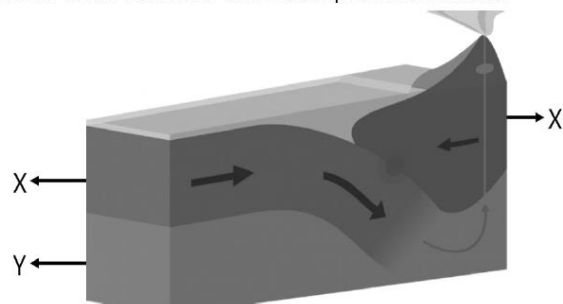


Figura 3 – Imagem retirada de <https://zap.uei.pt/placas-tectonicas-recem-descobertas-podem-explicar-terremotos-misteriosos-no-pacifico-160973>

5.1.2 O tipo de forças estão a atuar no limite tectónico representado.

5.1.3 Como se designa o limite tectónico representado.

5.2 Explique o porquê da placa X ser subductada, ou seja, afunda, por baixo da placa Z.

5.3 O vulcanismo é um método _____ de estudo do interior da Terra em que se estudam materiais com origem _____.

- ___ (A) direto (...) no manto
- ___ (B) direto (...) na mesosfera
- ___ (C) indireto (...) no núcleo
- ___ (D) indireto (...) na endosfera externa

6. Explique porque razão estes modelos científicos não são estáticos e vão sofrendo ajustes progressivos.

Bom trabalho!

Cristina Figueiredo

Cotações

Grupo	Item														Pontos
	Cotação (em pontos)														
I	1 5	2 8	3 5	4 5	5 5	6 5	7 5								40
II	1 5	2 5	3 5	4.1 5	4.2 5	4.3 5	4.4 5	5.1.1 2	5.1.2 2	5.1.3 2	5.2 8	5.3 5	6 8		60
Bónus	1 1	2 1	3 1	4 1	5 1										5
Total														100+5	

Figura 51 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.



As perguntas que se seguem são um bónus, ou seja, são 5 pontos extra que podem somar ao teste (1 ponto por cada questão correta).

Vamos testar essa cultura geral?

Boa sorte!! 😊

1. A apresentação *PowerPoint* utilizada pela professora nas aulas teve o título "Viagem ao centro da Terra". Este título remete para ...
 - a) Uma novela
 - b) Uma série televisiva
 - c) Um livro
 - d) Um canal de YouTube

2. O criador da obra referida na pergunta anterior é ...
 - a) Eric Brevig
 - b) Júlio Verne
 - c) Eça de Queirós
 - d) Marcelo Rebelo de Sousa

3. As principais personagens da história "viagem ao centro da Terra" são...
 - a) Um professor de geologia, chamado Otto Lidenbrock, e o seu melhor aluno, chamado Axel.
 - b) Um professor de arqueologia, chamado Trevor Anderson e o seu melhor aluno, chamado Axel.
 - c) Um professor de geologia, chamado Trevor Anderson e o seu sobrinho Sean Anderson
 - d) Um professor de geologia, chamado Otto Lidenbrock, e o seu sobrinho, Axel.

4. Na história, as personagens viajam até ao centro do planeta Terra utilizando como porta de entrada
 - a) Um furo de uma sondagem.
 - b) Uma chaminé vulcânica.
 - c) As galerias de uma exploração mineira.
 - d) Um limite de placas tectónicas.

5. No final da história como regressam as personagens à superfície da Terra?
 - a) Na frente de um geiser.
 - b) Escalando uma chaminé vulcânica.
 - c) Na frente de uma erupção vulcânica.
 - d) Transportados por uma ave de grandes dimensões.

Página 8 de 8

Figura 51 (continuação) - Teste de avaliação sumativa sobre estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

3.5 Outras atividades

No decorrer do estágio pedagógico, fora das práticas letivas, foram desenvolvidas atividades na escola, como a Feira de Minerais e Fósseis, aberta a toda a comunidade escolar, ou o concurso de fotografia, que apesar de não ter decorrido, ficou com o regulamento pronto a ser implementado a qualquer altura.

Além disso, na qualidade de núcleo de estágio, colaborámos com o Gabinete de Psicologia na realização de uma semana de atividades direcionadas ao 9º ano de escolaridade, com o objetivo de dar a conhecer os vários cursos disponíveis no ensino secundário. Neste âmbito, realizámos a atividade CSI Escola, onde os alunos puseram em prática um breve protocolo de extração de DNA. Realizou-se também uma conversa informal onde os alunos tiveram a oportunidade de colocar questões sobre a nossa experiência enquanto antigos estudantes do curso de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário e, de igual modo, enquanto estudantes universitários de um curso de Ciências.

Ao longo de todo o ano letivo participámos ativamente nas horas de projeto da turma de 7º ano. Estas horas, integradas no projeto piloto dessa turma, destinaram-se à realização de projetos de natureza diversa, tendo dois desses projetos sido da responsabilidade do núcleo de estágio de Biologia e Geologia, inseridos nos projetos de investigação realizados no âmbito da unidade curricular “Projeto de investigação educacional em biologia e geologia II”. Com o 11º ano, fez-se o acompanhamento da saída de campo, realizada em Sintra, onde os alunos visitaram o Museu de História Natural de Sintra, durante a manhã e, durante a tarde, realizaram um percurso pedonal pela vila passando pelos locais onde decorrem algumas das ações do romance literário “Os Maias”, de Eça de Queirós.

Paralelamente às aulas, participou-se também nas reuniões de conselho de turma de ambas as turmas, sendo que no caso do 11ºA se realizaram três conselhos de turma (um por período), enquanto no 7ºI estas reuniões decorriam com maior frequência por inerência ao projeto educativo previsto para esta turma. Apesar da regularidade com que o conselho de turma reuniu, estes encontros mostraram-se, no geral, algo ineficazes e pouco produtivos, chegando mesmo a ser desmotivantes para os professores da turma.

Como forma de complemento à minha formação enquanto professora, ao longo deste ano participei em vários seminários e formações (VI Encontro Nacional de Formadores – O jogo, curiosidade e Prazer na Aprendizagem, Leiria, novembro de 2018; curso Património Natural Botânico e Turismo Científico, Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, dezembro de 2018; Formação de monitores do Turismo da UC no âmbito das visitas guiadas ao Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, janeiro de 2019; I Seminário

Nacional *Teacher Training Institutions* - Criatividade e inovação: aprendizagens ativas em sala de aula, Santarém, março de 2019; IX Congresso APPBG - Sustentabilidade na Terra: Desafios à Geologia e à Biologia, Coimbra, abril de 2019; *Workshop Professional Development Workshop* inserido no projeto eTwinning – TTI, Bruxelas, maio de 2019), e submeti pósteres para dois congressos (A voz dos Professores de C & T Encontro Internacional 2018, Vila Real, novembro de 2018; XVIII Encontro Nacional de Educação em Ciências e International Seminar of Science Education, Porto, setembro de 2019). Adicionalmente foi também construído e apresentado um póster no DCT *WIP Day (work in progress day)* do Departamento de Ciências da Terra da FCTUC).

Destaca-se a participação no *workshop* do projeto eTwinning, em Bruxelas, para o qual fui convidada pelo Serviço de Apoio Nacional (*national support service* - NSS) da Equipa de Recursos e Tecnologias Educativas da Direção-Geral da Educação, após me ter candidatado com a redação de uma proposta de projeto *etwinning*, em colaboração com uma colega estagiária do Mestrado em Ensino da Informática, do Instituto de Educação da Universidade Lisboa e, outra do Mestrado em Educação Pré-Escolar e Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico, da Escola Superior de Educação e Ciências Sociais de Leiria.

4. Resultados e conclusões

4.1 Biologia 11^o ano

4.1.1 Avaliação diagnóstica

Os resultados do teste de avaliação diagnóstica (pré-teste), aplicado na primeira aula lecionada ao 11^o ano, a 27 alunos, estão indicados na Figura 52. O pós-teste, aplicado na última aula, foi respondido apenas por 24 alunos (Figura 53) dado três estudantes não terem estado presentes na aula.

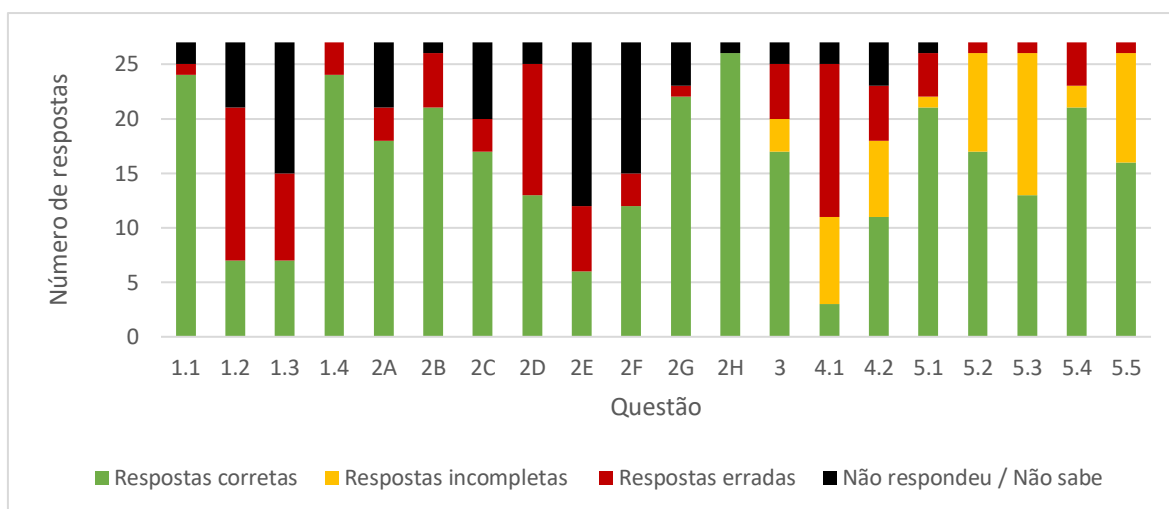


Figura 52 - Resultados obtidos no pré-teste de Biologia sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, aplicado à turma de 11^o ano.

No pré-teste (Figura 52), as questões com maior taxa de acerto foram a 2H com 26 respostas corretas (96,3%), 1.1 e 1.4, ambas com 24 respostas corretas (88,9%) e a 2G com 22 respostas corretas (81,5%). Estes resultados, no caso dos itens 1.1 (processo de replicação do DNA) e 1.4 (processo de citocinese abordado nas aulas anteriores à realização do teste) são facilmente justificados e eram espectáveis. Relativamente ao item 2G (existência de clones de mamíferos), o resultado também foi de encontro ao espectável pois é comum, pelo menos para alunos de ciências do ensino secundário, reconhecer a história da ovelha Dolly. Na questão 2H (processo de mitose como o único processo de divisão celular), os resultados foram surpreendentes, 26 em 27 alunos responderam, corretamente, que a afirmação era falsa. A dúvida que se levanta neste resultado é se os alunos poderão ter confundido os processos de reprodução assexuada, estudados nas aulas imediatamente anteriores à realização do teste, com processos alternativos de divisão celular, ou se, efetivamente, sabiam da existência de um outro processo de divisão para além da mitose.

As questões que obtiveram pior resultado foram a 1.2 e 4.1, ambas com 14 respostas erradas (51,9%), seguidas pela questão 2D com 12 respostas erradas (44,4%). Visto que estes itens representam também as questões com maior taxa de erro no pós-teste, irei analisar as respostas obtidas mais à frente.

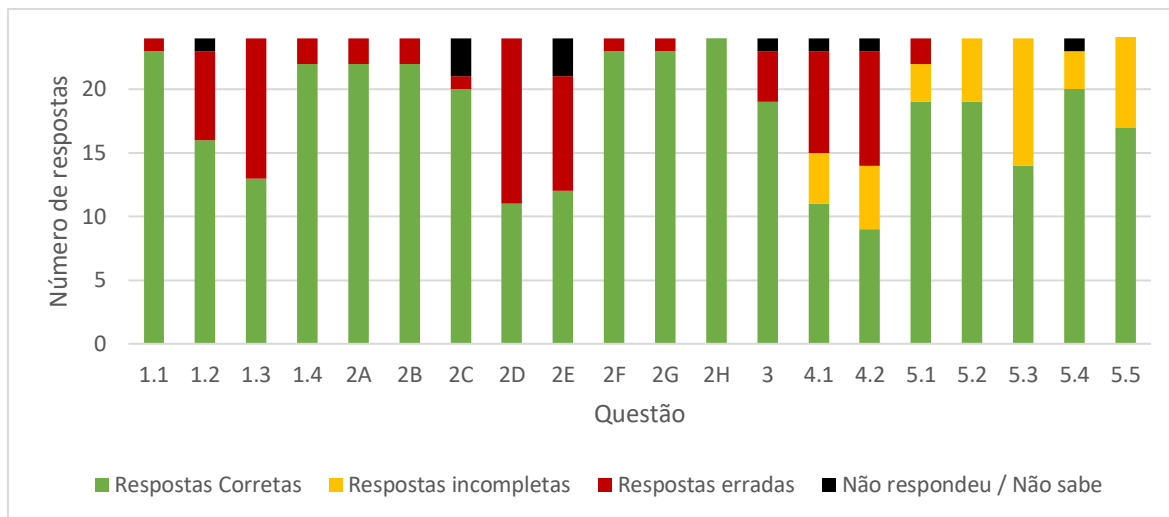


Figura 53 - Resultados obtidos no pós-teste de Biologia sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, aplicado à turma de 11^o ano.

No pós-teste identificaram-se 9 questões com taxa de acerto superior a 80%, 2H com 27 respostas corretas (100%), 1.1, 2F e 2G com 23 respostas corretas (95,8%), 1.4, 2A e 2B com 22 respostas corretas (91,7%), e 2C e 5.4 com 20 respostas corretas (83,3%).

As questões que apresentaram maior taxa de erro no pós-teste foram a 2D com 13 respostas erradas (54,2%), 1.3 com 11 respostas erradas (45,9%), 2E e 4.2, ambas com 9 respostas erradas (37,5%), 4.1 com 8 respostas erradas (33,3%) e 1.2 com 7 respostas erradas (29,17%). Apresentam-se de seguida as questões mencionadas com as respetivas taxas de resposta e algumas considerações sobre os resultados obtidos em cada uma.

Comparando os dois momentos de avaliação diagnóstica, observa-se uma melhoria nos resultados globais do pré-teste para o pós-teste (Figura 54). No primeiro obteve-se uma média de 3,44 questões erradas/aluno, e uma média de 2,85 questões respondidas com “Não sei” (NS)/aluno, enquanto no pós-teste, foram de 2,67 e 0,44 questões/aluno, respetivamente. Salienta-se o baixo número de respostas NS no pós-teste.

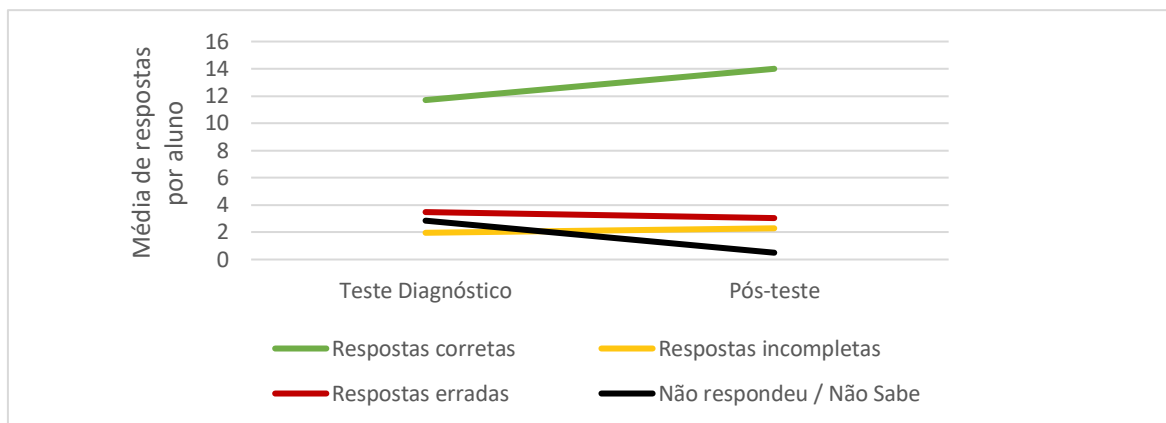


Figura 54 - Comparação dos resultados obtidos nos dois momentos de avaliação diagnóstica aplicados à turma de 11º ano.

Na questão 1.2, comparando as respostas do pré-teste e no pós-teste conclui-se que os alunos compreenderam que todas as células apresentam o mesmo material genético, mesmo que não utilizem todos os genes que possuem no seu núcleo. Por outro lado, parece haver alguma confusão no conceito de ativação/desativação de genes pelo que será importante reforçar a ideia de que as células têm ativos os genes necessários à sua forma e função, ou seja, expressam os genes ativos que lhes permitem cumprir a sua função.

Na questão 1.3, todos os alunos parecem ter ficado conscientes de que existem células estaminais em indivíduos adultos, e não só em embriões embora estas últimas sejam a mais conhecidas.

Apesar de terem sido analisados vários esquemas com os alunos e de se ter preenchido o mapa de conceitos sobre os tipos de células estaminais, os alunos parecem não ter compreendido totalmente que existem vários tipos de células estaminais, sendo as totipotentes apenas um deles. Será também útil referir novamente que, hoje, já é possível obter células estaminais em laboratório. Esta informação foi transmitida de modo muito superficial uma vez que não é parte integrante das orientações curriculares do 11º de Biologia. Assim, parece-me importante que os alunos fiquem com a ideia de que, graças aos avanços da biologia e da tecnologia já é possível obter células estaminais em laboratório e o quão importante este avanço pode ser para a medicina.

Da análise das respostas à questão 2, alínea d), conclui-se que será importante, no futuro, conduzir os alunos a relacionar a clonagem com os processos de reprodução assexuada de forma mais eficaz. No que respeita à alínea e), a resposta foi apenas brevemente mencionada no final de uma aula, pelo que é importante referir novamente este, e possivelmente mais alguns exemplos, de células estaminais presentes no

organismo adulto, reforçando que as células estaminais são células indiferenciadas porque são capazes de originar células especializadas diferentes.

A questão 3 sobre o conceito de fecundação, tendo sido um dos últimos conceitos explorados nas aulas, não ficou claro pelo que será importante reforçar que a fecundação é o processo de união de dois gametas e que implica sempre a cariogamia, ou seja, a união dos núcleos das duas células é essencial para que ocorra fecundação.

Relativamente à análise de gráficos (questão 4), verificou-se que os alunos têm alguma dificuldade na interpretação de dados. Quanto aos conteúdos, as respostas, aliadas à falta de justificações, levam a concluir que os alunos não compreenderam totalmente as características das fases da mitose.

Conclui-se também que os alunos ainda fazem alguma confusão relativamente à forma como varia o número de cromossomas e de pares de cromossomas de uma célula, ao longo do ciclo celular e, que há uma tendência para confundir pares de cromossomas e cromossomas, visto que em ambos os testes existiram alunos a responder “o número de pares” quando a questão pedia “o número de cromossomas”. Este último ponto pode também indicar uma leitura desatenta da questão.

4.1.2 Relatório em V de Gowin

Os relatórios em formato V de Gowin, respeitantes à atividade prática “Dividir para multiplicar”, foram entregues por 25 dos 26 alunos da turma. Apresenta-se apenas um exemplo de um relatório (Figura 55). A atividade foi realizada no início de novembro e a data limite de entrega foi 15 de janeiro, dando pouco mais de dois meses para a sua elaboração.

A classificação final, de acordo com os critérios construídos para a correção do relatório (Anexo XII), foi, em média 16,2 valores, sendo que as notas variaram entre 11,5 e 19,0 valores. Assim, pode considerar-se que a atividade foi, no geral, bem-sucedida.

Relatório de Biologia e Geologia

Nome: [REDACTED] Nº [REDACTED] Classificação: [REDACTED]

Ala conceptual

Princípios teóricos: A meiose é um processo de divisão celular que reduz para metade a o número de cromossomas da célula, responsável pela reprodução. Nas células vegetais a meiose origina os gâmetas de cada sexo ou esporos. A meiose permite originar de 1 célula diploide, 4 células haploides, geneticamente diferentes entre si. Este processo divide-se em duas divisões, divisão I e a divisão II. A divisão I também pode ser designada por divisão reducional, dividindo-se em 4 processo (profase I, metafase I, anafase I e a telofase I) e a divisão II pode ser designada por divisão equacionale também se divide em 4 processos (profase II, metafase II, anafase II e a telofase II)

Conceitos: meiose; divisão celular; gâmetas; esporos; célula diploide; célula haploide; divisão I; divisão II; profase I; metafase I; anafase I; telofase I; profase II; metafase II; anafase II; telofase II;

Procedimentos: 1º- Foram nos dadas fotos das diferentes fazes da meiose desordenadas;
2º- Observámos as fotos e analisámos;
3º- Ordenamos as fotos pela ordem correta;





Questão problema

Quais são as características das fases da meiose?

Ala metodológica

Conclusão: Na profase I existe uma célula e os cromossomas iniciam a condensação e estão espalhados pela célula porque já não existe **invólucro**. Na metafase I os cromossomas estão na máxima condensação, alinhados no plano equatorial. Na anafase I os cromossomas separam-se e começam a migrar para os polos da célula. Na **telofase** existem 2 células e forma-se novamente o núcleo. Na profase II existem 2 células o invólucro volta a romper e os cromossomas iniciam a condensação. Na metafase II os cromossomas estão na condensação máxima, alinhados no plano equatorial e começam a dividir-se. Na anafase II os cromossomas migram para os polos da célula iniciando-se a formação do **invólucro**. Na telofase II o núcleo já esta formado e as células dividem-se em 4 células.

Registo dos resultados:

Profase I		Profase II
Metafase I		Metafase II
Anafase I		Anafase II
Telofase I		Telofase II

Img.1- Fases da meiose em células vegetais

Figura 55 - Exemplo de relatório, em formato V de Gowin, realizado por um dos alunos da turma de 11º ano, sobre a atividade prática “Dividir para multiplicar”. Os sublinhados amarelos correspondem a notas e comentários deixados pela professora aquando da correção, com o intuito de ajudar os alunos a compreender os seus erros ou simplesmente os pontos onde podem melhorar.

Considerando a formulação da questão-problema, que permite detetar se os alunos compreenderam os objetivos da atividade, apenas 7 alunos obtiveram cotação máxima neste (nível 5), 15 ficaram no nível 3, 1 ficou no nível 2 e dois no nível 1, ou seja, não lhes foi atribuída cotação. No geral, os discentes não compreenderam que a determinação do tipo celular representado nas figuras fazia parte dos objetivos da atividade, tendo referido que se tratavam de células vegetais logo na questão-problema.

Um bom exemplo de questão-problema, formulada por um dos alunos da turma, é “Quais são as características de cada fase da meiose, visíveis em fotografias microscópicas, que nos permitem a sua identificação e ordenação cronológica?”.

De modo geral, nas secções relativas aos princípios teóricos e aos conceitos, os alunos tiveram uma boa prestação, tendo enquadrado corretamente os conteúdos trabalhados na atividade.

Quanto ao procedimento, notou-se alguma dificuldade em resumir os principais passos da atividade numa listagem de tarefas. Acredita-se que tal se deveu ao tipo de atividade prática realizada, uma vez que os alunos estão acostumados a realizar este tipo

de relatório para atividades laboratoriais que apresentam já o procedimento detalhado no protocolo.

Salienta-se que, relativamente às conclusões, três alunos não responderam à questão-problema, pelo que, na entrega das classificações, lhes foi explicado que a construção das conclusões deve ser baseada nos resultados obtidos, de modo a responder à questão-problema. Além disso, a maioria não mencionou o tipo de células observadas, o que, como já referido, parece não ter ficado claro como sendo um dos objetivos da atividade.

4.1.3 Debate

No primeiro turno da última aula de Biologia, a moção que foi sorteada para ser debatida, foi “Esta casa defende que não se deve fazer seleção genética de um embrião aquando da aplicação de técnicas de reprodução medicamente assistida”. Neste debate participaram os 11 alunos que constituem aquele turno, pelo que, de modo a todos entrarem na atividade, foi necessário adaptar o modelo inicial, tendo três das bancadas funcionado com mais um elemento.

No segundo, a moção discutida foi “Esta casa proibiria as demonstrações afetivas na escola por parte de jovens homossexuais” e, participaram na discussão 8 alunos.

Ao longo do primeiro debate foram colocadas 21 questões, o que dá uma média de 1,9 questões/aluno; no segundo debate a média de questões/aluno foi igual a 1,4, com um total de 11 questões colocadas.

De um modo geral, o primeiro debate foi mais bem-sucedido que o segundo. No primeiro turno, os alunos levaram a atividade mais a sério. Notou-se que vários alunos prepararam bem o debate em casa, trazendo já argumentos preparados para qualquer uma das posições ou moções. Foi interessante observar que alguns alunos com aproveitamento mais fraco e que se apresentam geralmente pouco motivados para a disciplina, nesta atividade se apresentaram empenhados e motivados tendo participado ativamente na discussão. Em oposição, houve também o caso de uma aluna que se mostrou extremamente desconfortável em se levantar e falar em frente à turma, tendo mesmo pedido para não participar e tendo-o feito apenas graças ao incentivo dos colegas.

No segundo debate, os alunos que defenderam a moção mostraram imensas dificuldades em estruturar argumentos válidos dizendo que não conseguiam argumentar a

favor de algo em que não acreditam, o que resultou em alguns argumentos totalmente falaciosos, o que gerou desconcentração e alguns risos.

Apesar da postura global totalmente distinta, foi notório em ambos os grupos que alguns alunos fizeram uma boa preparação da atividade, o que foi visível aquando da sua vez de discursar, pela postura assertiva que demonstraram.

O balanço geral da atividade foi positivo, não obstante, foram poucos os alunos capazes de apresentar argumentos novos e claros no decurso do debate. Do ponto de vista da avaliação da atividade teria sido importante garantir um registo e contabilização de todos os argumentos apresentados. Talvez uma boa forma de o fazer fosse solicitar aos alunos que entregassem, no final do debate, um resumo de todos os argumentos que cada um apresentou e/ou refutou. Este exercício obrigá-los-ia a manter um registo ao longo do debate, o que evitaria algumas discussões circulares e, simultaneamente, garantia que a professora fosse capaz de ter um registo completo das intervenções.

4.1.4 Teste de avaliação sumativa

No teste de avaliação sumativa (Figura 49), em que o professor cooperante juntou e adaptou algumas questões dos testes construídos pelos professores estagiários, foram utilizadas 11 questões que foram respondidas por 24 alunos. O grupo I foi utilizado quase na sua totalidade, texto e figura incluídos, tendo apenas sido removidas as questões 1.4, 1.6 e 1.7. Foram também utilizadas, do grupo II, as questões 2.1, 2.3, 2.5, 3 e 4, sendo que as questões 2.1 e 2.3 tiveram que ser adaptadas à espécie referida no texto utilizado no grupo onde foram colocadas.

Das 11 questões, em média, cada aluno acertou totalmente em 4,7 e não respondeu ou respondeu de forma errada a cerca de 4 (Figura 56). Assim, a taxa de sucesso média destas questões corresponde a 52,6 % (35,3 valores) de um total de 67 valores a elas atribuídos.

A questão que menos alunos acertaram totalmente foi a questão 4 do grupo II que se referia às estratégias de autofecundação, na qual era solicitado que indicassem as vantagens e desvantagens deste tipo de reprodução. Apenas um aluno conseguiu a pontuação máxima, no entanto, 19 alunos obtiveram pontuações intermédias.

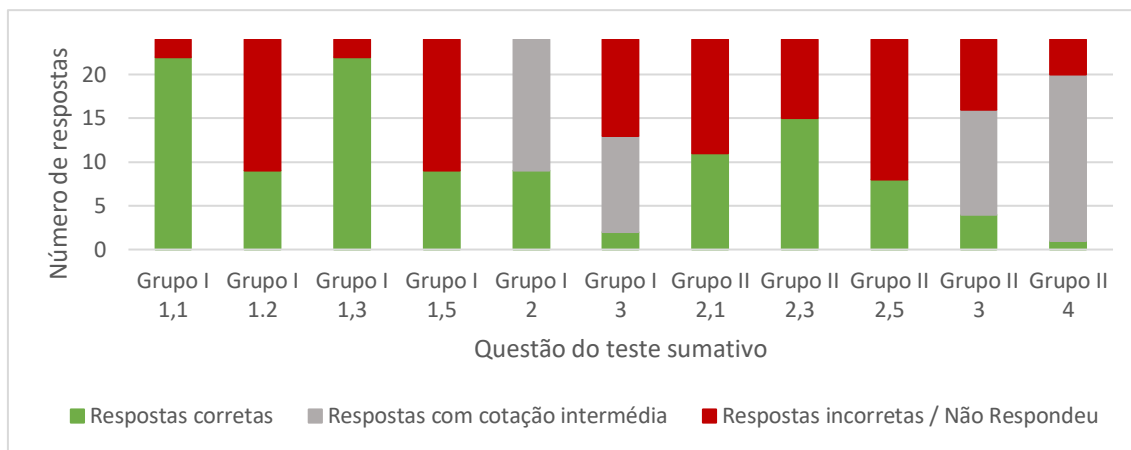


Figura 56 - Resultados obtidos nas questões do teste sumativo, aplicadas no primeiro teste do segundo período, da turma de 11º ano.

As questões 1.1 e 1.3 do grupo I foram as que apresentaram maior número de respostas certas, com 22 corretas (91,7%). Já as questões onde se obtiveram mais respostas incorretas foram a 1.4 do grupo I com 16 respostas erradas (66,7%), seguida das 1.3 e 1.5 do mesmo grupo, com 15 respostas erradas (62,5%).

Dado não se ter tido acesso às respostas dadas pelos alunos nem aos critérios aplicados na correção, apenas às classificações obtidas, não me é possível tecer considerações sobre as possíveis razões para estes resultados, dado que se podem dever a vários fatores.

4.2 Geologia 7º ano

4.2.1 Avaliação diagnóstica

O teste de avaliação diagnóstica, aplicado na primeira aula (pré-teste) (Figura 57) e na última aula (pós-teste) (Figura 58) na turma de 7º ano, foi respondido por 20 alunos.

No pré-teste, as questões com maior taxa de acerto foram a 2c) e 2e) com 14 respostas corretas (70%), e a 1.4 com 12 respostas corretas (60%). Os resultados obtidos para estas questões foram de encontro ao espectável, uma vez que os itens se referem a conteúdos anteriormente lecionados nesta disciplina, aquando do estudo da Teoria da Tectónica de Placas.

As questões onde se verificou uma maior incidência de respostas incorretas foram a 1.2 com 12 respostas incorretas (60%), e a 2b) com 10 respostas incorretas (55%). A primeira questão também era sobre a Teoria da Tectónica de Placas, pelo que não era esperado este resultado, o que significa que os alunos não assimilaram que as placas tectónicas também são designadas “placas litosféricas”, pelo que este tópico foi reforçado

no decorrer das aulas. A questão 2b), sobre vulcanologia, tema que também tinha sido já abordado na disciplina, dizia que os materiais extruídos pelos vulcões provinham do núcleo do planeta e era, portanto, uma afirmação falsa. Este resultado não foi surpreendente, uma vez que nesta altura os alunos ainda não conheciam a estrutura interna do planeta.

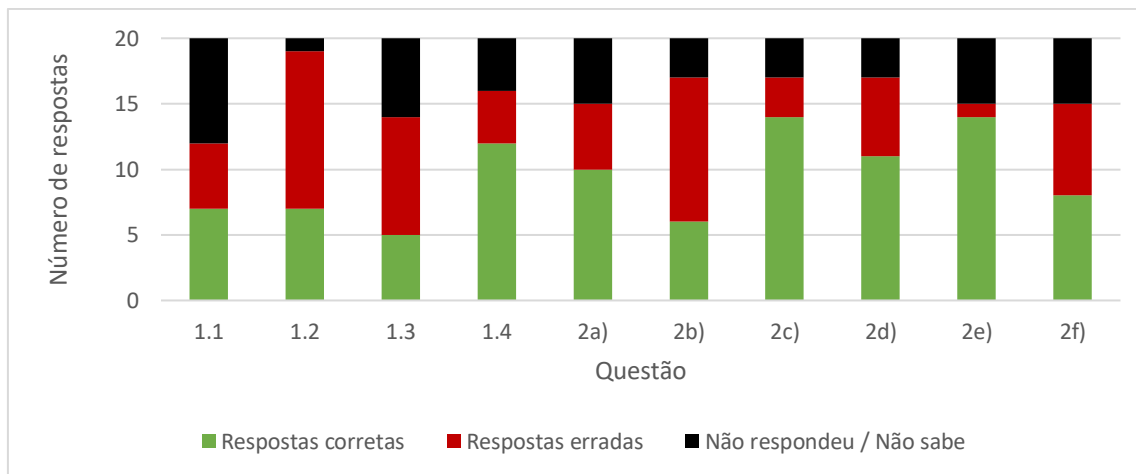


Figura 57 - Resultados obtidos no pré-teste de Geologia sobre Estrutura interna da Terra, aplicado à turma de 7º ano.

No pós-teste, verifica-se que apenas a questão 1.4 apresenta uma taxa de acerto superior a 70% com 15 respostas corretas (75%). As respostas que obtiveram os piores resultados foram os itens 2b) com 10 respostas incorretas (50%) e o 1.3 com 7 respostas incorretas (35%). Além destas questões, destacam-se também os itens 2c) e 2e) por terem tido um aumento do número de respostas incorretas do pré-teste para o pós-teste, de 3 (15%) para 5 (25%) e de 1 (5%) para 3 (15%), respetivamente.

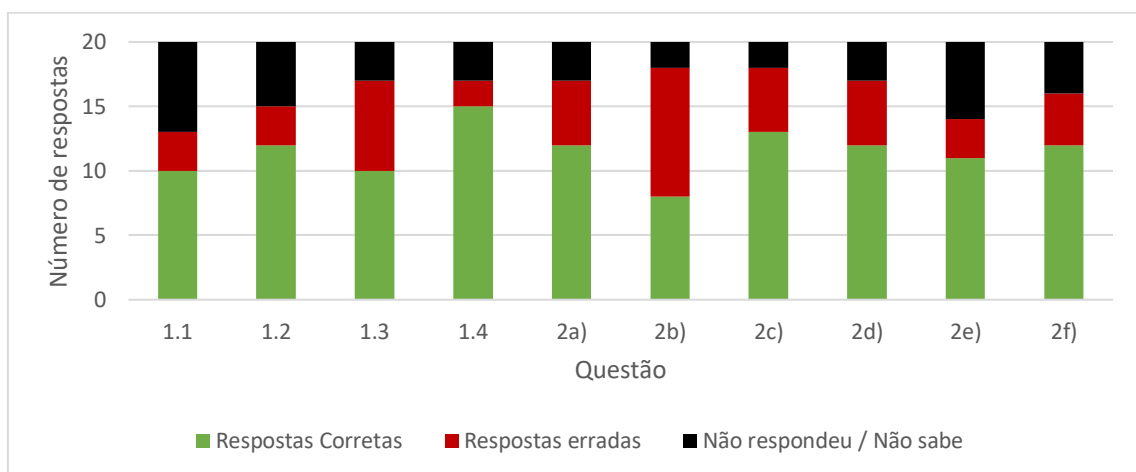


Figura 58 - Resultados obtidos no pós-teste de Geologia sobre Estrutura interna da Terra, aplicado à turma de 7º ano.

A análise dos resultados globais (Figura 59) revelou que houve uma significativa melhoria do pré-teste para o pós-teste. No primeiro obteve-se uma média de 3,2 questões

erradas/aluno, e uma média de 2,2 questões respondidas com “Não sei” (NS)/aluno. Os mesmos valores, para o pós-teste, foram de 2,4 e 1,9 questões, por aluno, respetivamente.

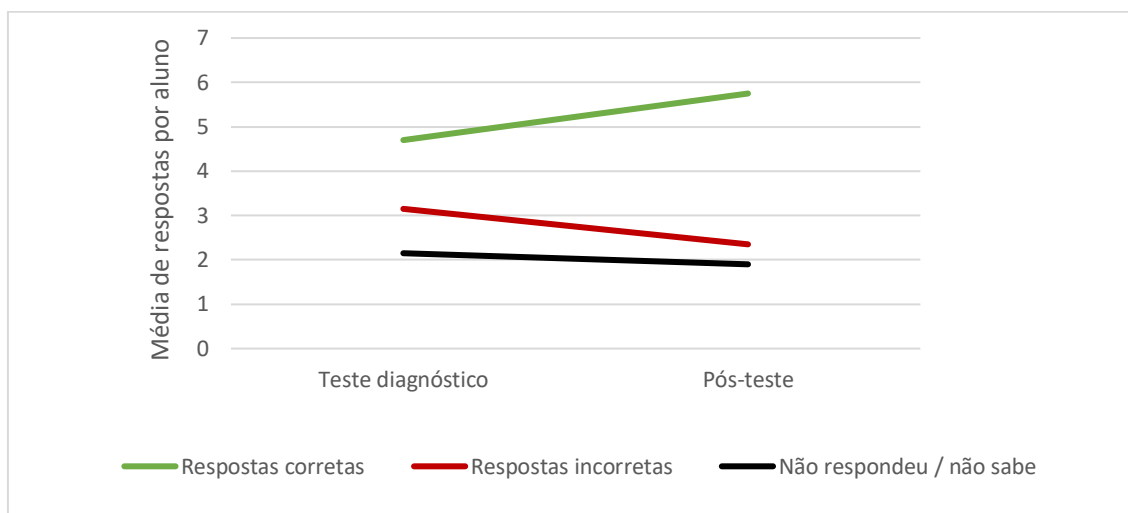


Figura 59 - Comparação dos resultados obtidos nos dois momentos de avaliação diagnóstica aplicados à turma de 7º ano.

Refletindo na questão 1.3, apesar de se verificar uma redução de respostas incorretas do pré-teste para o pós-teste, esta é uma redução mínima, considerando que o tema da Sismologia já vinha a ser lecionado há várias aulas quando se iniciou o estudo da estrutura interna da Terra.

Teria sido vantajoso apresentar exemplos concretos dos locais de maior atividade sísmica no globo fazendo o cruzamento com a Tectónica, Sismologia e Estrutura interna da Terra, de forma a relacionar e consolidar os conteúdos.

Relativamente à questão 2b), esta continuou a apresentar uma percentagem elevada de respostas incorretas no pós-teste o que mostra que os alunos não foram capazes de fazer a ligação entre os conteúdos relativos à Estrutura interna da Terra e o Vulcanismo. Teria sido importante promover um maior relacionamento com os conteúdos anteriormente lecionados de modo a garantir uma aprendizagem significativa.

Na questão 2c), verificou-se um aumento de respostas erradas. Ainda que este aumento represente uma percentagem baixa, não é claro o motivo para que este aumento tenha acontecido, dado ter sido um tópico abordado em todas as aulas sobre o tema e ter sido também algo que sempre pareceu estar presente no raciocínio da turma durante a resolução das várias tarefas. Um dos motivos para este aumento de respostas incorretas poderá ter sido a leviandade observada em alguns alunos aquando do preenchimento do pós-teste.

Na questão 2e) também não é claro o motivo para a diferença de resultados entre os dois momentos de avaliação diagnóstica.

4.2.2 Atividade prática de lápis e papel “Viagem ao centro da Terra – parte 2”

Dos 20 alunos da turma, apenas 11 entregaram a ficha resolvida como solicitado, pelo que a avaliação dos restantes 9 foi 0 nesta atividade.

Sobre as fichas recolhidas e avaliadas pode concluir-se que, para os alunos que cumpriram e aproveitaram a tarefa, esta foi razoavelmente bem-sucedida, dado que o resultado médio das notas foi igual a 61% e estas variaram entre 24 e 91%.

A atividade consistia em 8 questões, o que dá uma média de 3,91 respostas corretas/aluno e de 3,1 respostas incorretas/aluno, sendo que várias questões caíram em níveis de cotações intermédias.

A questão onde se verificou o pior desempenho geral foi a 1.1 com 10 respostas erradas (90,1%) e apenas uma resposta correta. Em oposição, a melhor questão foi a 1.7 com 8 respostas corretas (81,9%), seguida das 1.2 e 1.4 com 7 respostas corretas (63,59%) e 6 respostas corretas (54,6%), respetivamente.

4.2.3 Atividade prática de lápis e papel “Resumindo”

A atividade prática de lápis e papel “Resumindo” foi enviada como tarefa de trabalho de casa para posterior avaliação. Foram recebidos 11 resumos, pelo que a avaliação dos restantes 9 foi nula nesta atividade.

Da avaliação dos resumos recebidos resultou uma avaliação média de 68%, sendo a nota mais baixa de 14% e a mais alta de 94%.

Dos tópicos definidos nos critérios (Anexo *XIII*), aqueles onde se verificou um melhor desempenho dos alunos foram os que diziam respeito aos métodos de estudo da geosfera. Por oposição, os tópicos com os piores resultados foram sobre as descrições dos modelos da estrutura interna da Terra.

5. Considerações finais

No decorrer das práticas letivas, atrás descritas, encontraram-se alguns desafios, inerentes à profissão docente, cujo contacto durante o estágio é essencial na preparação dos futuros professores para o ingresso no sistema de ensino português. Todo o contacto com o meio escolar é de extrema importância para a formação dos professores, permitindo-lhes tomar consciência do que significa fazer parte da profissão docente em todas as suas valências.

Do ponto de vista das responsabilidades que o professor tem fora da sala de aula, é fulcral que, durante o ano de estágio, o professor formando entre em contacto com o funcionamento de um conselho de turma, compreenda todas as tarefas administrativas com as quais um professor tem que lidar no dia-a-dia e compreenda também de que forma é regida a profissão, do ponto de vista legal. Apesar de importantes, estes pontos podem facilmente ser considerados como preocupações secundárias. Do estágio realizado retiraram-se boas aprendizagens neste campo, quer pela participação nos conselhos de turma, como também pelas longas e esclarecedoras discussões com o professor cooperante.

Considerando as atividades diretamente relacionadas com os alunos e com o processo de ensino-aprendizagem, que foram o principal foco deste estágio, os principais desafios consistiram, numa fase inicial, na adequação das planificações à duração das aulas e ao ritmo dos alunos, o que melhorou consideravelmente com o avançar das aulas. Numa fase mais adiantada do estágio pedagógico, o principal desafio foi o processo de avaliação. Avaliar é difícil e deixa, por vezes, um sentimento de impotência no professor ao sentir que não foi capaz de fazer “voar” aqueles alunos. Além disso, considerando que o currículo nacional se encontra cada vez mais focado nas competências e que estas não são possíveis de avaliar através das metodologias tradicionais, a avaliação tornou-se cada vez mais dependente de grelhas de observação das atividades. Isto faz com que todo o processo de avaliação se torne suscetível ao questionamento por parte dos encarregados de educação e, conseqüentemente, se coloque o professor numa posição fragilizada, numa profissão que, atualmente, não protege o seu profissional e, numa sociedade onde esta profissão é cada vez menos estimada.

Às dificuldades acima referidas é de sublinhar também aquele que foi, talvez, o maior desafio do estágio, conseguir gerir os conflitos dentro das turmas e no decorrer das aulas, especialmente com os alunos mais novos (7º ano). Neste âmbito, a experiência e a sensatez do professor cooperante constituíram, indubitavelmente, uma enorme mais valia,

que de certo será, durante muito tempo, uma inspiração para nós no que toca à relação que um professor deve ter com os seus alunos.

Relativamente às tarefas e atividades aplicadas nas práticas letivas, conclui-se que todas elas contribuíram, de forma positiva, para o processo de ensino-aprendizagem, ainda que umas tenham sido mais bem-sucedidas do que outras, muitas vezes, por inerência à inexperiência da professora que, garantidamente, no futuro as aplicará de forma diferente.

De modo global, este ano foi intenso em termos de aprendizagens, pois mais do que ensinar, aprendeu-se. O próprio estágio foi um processo dinâmico de aprendizagem cooperativa que culminou, certamente, numa aprendizagem significativa.

A Educação é um direito universal e um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento do ser humano, da comunidade em que ele se insere, assim como da sociedade em geral. Findado o período de estágio, podemos concluir que os alunos que iniciaram este ano letivo estão agora mais desenvolvidos, não apenas ao nível da sua dimensão cognitiva, mas de uma perspetiva global do sujeito, um processo que ao prolongar-se ao longo da vida nunca está acabado. Por isso, podemos encarar este ano como o fim de um capítulo que os prepara para o início do próximo.

6. Referências

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (with Wilson, J., & Hunter, T.). (2015). *Molecular biology of the cell* (6th ed.). New York, USA: Garland Science.
- American Miscellaneous Society. (1959). *Drilling thru [sic] the Earth's crust: A study of desirability and feasibility of drilling a hole to the Mohorovicic discontinuity*. Washington, USA: National Academy of Sciences - National Research Council.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach*. (9th ed.). New York, USA: Mc Graw-Hill Companies, Inc.
- Barnes-Svarney, P., & Svarney, T. E. (2004). *The Handy Geology Answer Book*. Canton, USA: Visible Ink Press.
- Barreira, C., Boavida, J., & Araújo N. (2006). Avaliação formativa – Novas formas de ensinar e aprender. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 40(3), 95-133.
- Bickle, M., Arculus, R., Barrett, P., DeConto, R., Camoin, G., Edwards, K., ... & Pälike, H. (2011). *Illuminating Earth's past, present and future: The science plan for the international ocean discovery program 2013-2023*. Geosciences Professional Services, Inc. Retrieved from <https://www.iodp.org/112-high-resolution-pdf-version>
- Bolt, B. A. (1999). *Earthquakes*. (4th ed.). New York, USA: W. H. Freeman and Company.
- Broker, R. J., Widmaier, E. P., Graham, L. E., & Stiling, P. D. (2018). *Principles of biology*. (2nd ed.). New York, USA: McGraw Hill Education.
- Bryson, B. (2003/2010) *Breve história de quase tudo*. (D. Garcia, Trans.). Lisboa, Portugal: 11x17.
- Cammack, R. (Ed.). (2006). *Oxford dictionary of biochemistry and molecular biology: Revised Edition*. (2nd ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Chapman, R. E. (2002). *Physics for geologists*. (2nd ed.). New York, USA: Routledge.
- Consortium for Ocean Leadership, Inc., Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, & Texas A&M University. (n.d.). *Ocean drilling program final technical report 1983 – 2007*. Retrieved June 16, 2019, from <http://www-odp.tamu.edu/index.html>
- Cox, M. M., Doudna, J. A., & O'Donnel, M. (2011/2012). *Biologia molecular princípios e técnicas*. (Trans.). São Paulo, Brasil: Artmed.
- Dourado, L. (2001). Trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental no ensino das ciências—contributo para uma clarificação de termos. In *Ensino experimental das ciências: (Re)Pensar o Ensino das Ciências*. Lisboa, 13-18.
- Enger, E. D., Ross, F. C., & Bailey, D. B. (2012). *Concepts in biology* (14th ed.). New York, USA: McGraw-Hill.

- Ertmer, P. A., & Newby, T. J., (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), 43-71.
- Fernandes, D. (2008). Para uma teoria da avaliação no domínio das aprendizagens. *Estudos em Avaliação Educacional*, 19, 41, 347-372.
- Fernandes, G. W. R., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. R. (2019). *Using ICT in Inquiry-Based Science Education*. Springer.
- Fiolhais, C., & Marçal, D. (2017). *A ciência e os seus inimigos*. Lisboa, Portugal: Gradiva Publicações, S.A.
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404–423. doi:10.1002/sce.20263
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Gilbert, S. F. (2010). *Developmental biology*. (9th ed.). Sunderland, USA: Sinauer Associates, Inc.
- Gowin, D. B., & Alvarez, M. C. (2005). *The art of educating with V diagrams*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Grotzinger, J., & Jordan, T. H., (2014). *Understanding Earth*. USA: W. H. Freeman and Company.
- INCODE, P. (2017). 2030. *Iniciativa nacional competências digitais e, 2030*.
- International Ocean Discovery Program. (2019). *History*. Retrieved June 15, 2019, from <https://www.iodp.org/about-iodp/history>
- International Ocean Discovery Program. (n.d.). *DSDP Phase: Glomar Challenger*. Retrieved June 16, 2019, from http://www.iodp.tamu.edu/publicinfo/glomar_challenger.html
- Japan Agency Marine-Earth Science and Technology. (n.d.). *About Chikyu*. Retrieved June 18, 2019, from <https://www.jamstec.go.jp/chikyu/e/about/>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2015). Argumentation. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 54 – 59). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Jones, A., & Bunting, C. (2015). Technology education and science education. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 1049 – 1053). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Kozlovsky, Y. A., & Adrianov, N. I. (Eds.). (1987). *The superdeep well of the Kola Peninsula (Exploration of the deep continental crust)*. German: Springer Berlin Heidelberg.
- Lackie, J. M. (Ed.). (2013). *The dictionary of cell & molecular biology*. (5th ed.). Academic Press.
- Lei n.º 46/86 de 14 de outubro. Diário da República nº 237/86 – I Série. Lisboa: Assembleia da República.

- Leite, T. (2010). *Planeamento e concepção da acção de ensinar*. Colecção Situações de Formação— Programa de Supervisão, Acompanhamento e Avaliação do Período Probatório de Professores. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Lopes, J., & Silva, H. S. (2009). *A aprendizagem cooperativa na sala de aula: Um guia prático para o professor*. Lisboa, Portugal: Lidel Edições Técnicas, Lda.
- Mader, S. S., & Windelspecht, M. (2018). *Human biology* (15th ed.). New York, USA: McGraw Hill Education.
- Malheiro, M. I., & Porto, B. (2012). Citogenética humana. In C. Azevedo & C. E. Sunkel (Ed.). *Biologia celular e molecular* (5th ed., pp.166 – 189). Portugal: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.
- Marshak, S. (2013). *Essentials of Geology*. (4th ed.). New Your, USA: W. W. Norton & Company.
- Martin, C., & Alavrez M. (1970). *Didactica de las Ciências Naturales*. (3th ed.). Madrid, Espanha: Editorial Magisterio Español, S.A.
- Martins, G. D. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J., Pedroso, J. V., Camilo, J. L. A., Silva, L. M. U., ... Rodrigues, S. M. C. V. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação.
- Matuk, C. (2015). Argumentation environments. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 59 – 63). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- McDonald, C. V. (2017). Exploring nature of science and argumentation in science education. In B. Akpan (Ed.). *Science education: A global perspective* (pp. 7 - 43). Cham, Switzerland: Springer.
- McGeary, D., & Plummer, C. C. (1994). *Physical geology earth revealed*. (2nd ed.). Dubuque, USA: Wm- C. Brown Communications, Inc.
- Méndez, J. M. Á. (2001). *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Madrid, Spain: Ediciones Morata S.L.
- Moore, K. L., Persaud, T. V. N., & Torchia, M. G. (2013). *The developing human clinically oriented embryology* (9th ed.). Philadelphia, USA: Elsevier Inc.
- Moutinho, S., Torres, J., Almeida, A., & Vasconcelos, C. (2013). Portuguese teachers' views about geosciences models. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 02430-2435.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Project Mohole: Commemorating the accomplishments of project Mohole -- 1961-2011*. Retrieved June 15, 2019, from <http://www.nationalacademies.org/mohole/>
- Neves, M. C. P. (2016). *O admirável horizonte da bioética*. Lisboa, Portugal: Glaciár.
- Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2014). *Bioética simples*. (2nd ed.). Lisboa, Portugal: Babel.

- Novak, J. (2015). Ausubelian theory of learning. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 104 –111). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B., (1984/1999). *Aprender a aprender* (2nd ed.). (C. Valadares, Trans.). Lisboa, Portugal: Plátano edições técnicas.
- OECD (2017), PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving, revised edition, PISA, Paris: OECD Publishing.
- Passmore, C. (2015). Models. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 659 – 663). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Plummer, C. C., Carlson, D. H., & Hammersley, L. (2016). *Physical geology*. (15th ed.). New York, NY: McGraw-Hill/Education, Inc.
- Ramalho-Santos, J. (2007). Algumas narrativas reprodutíveis. In A. Soares (Ed.), *Biologia na noite* (pp. 83 – 106). Aveiro, Portugal: Edições Afrontamento.
- Ramalho-Santos, J. (2012). Meiose e gametogénese. In C. Azevedo & C. E. Sunkel (Ed.). *Biologia celular e celular* (5th ed., pp.417 – 435). Portugal: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.
- Ramalho-Santos, J. (2014). Por uma bioética útil. In Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida (Ed.). *Bioética e políticas públicas* (pp.65 – 80). Portugal: Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida.
- Reis, P. (1995). Os mapas de conceitos como instrumento pedagógico. *Revista de Educação*, 1, 114-125.
- Sadava, D. E., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. (2011). *Life: The science of biology*. (9th ed.). Massachusetts, USA: Sinauer Associates, Inc.
- Sadler, T. W. (2015). *Langman's medical embryology*. (13th ed.). Philadelphia, USA: Wolters Kluwer Health.
- Sansão, M. O., Castro, M. D. L., & Pereira, M. P. (2002). Mapa de conceitos e aprendizagem dos alunos. *Inovação*, 15, 1-3.
- Serra, P., & Galvão, C. (2015). Evolução do currículo de ciências em Portugal: Será Bloom incontornável?. *Interacções*, 11(39), 255-271.
- Shearer, P. (2009). *Introduction to seismology*. (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Soares, D., Borges, F., Abrantes, I., Magalhães, P., Lopes, B., & Baptista, A.V. (2017). 'Questão-problema' nos relatórios do tipo 'V de Gowin': um estudo exploratório no 11.º ano de Biologia do ensino secundário português. *Indagatio Didactica*, 9(4), 385-406.

- Solomon, E. P., Martin, C. E., Martin, D. W., & Berg, L.R. (2015). *Biology*. (10th ed.). Connecticut, USA: Cengage Learning.
- Sousa, M. (2012) Fertilização Animal. In C. Azevedo & C. E. Sunkel (Eds.). *Biologia celular e molecular* (5th ed., pp.436 – 454). Portugal: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.
- Sousa, M. M., & Pinto-do-Ó, P. (2012). Células estaminais. In C. Azevedo & C. E. Sunkel (Eds.). *Biologia celular e molecular* (5th ed., pp.572 – 591). Portugal: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.
- Tarbuck, E., & Lutgens; F. K. (2017). *Earth: An introduction to physical geology*. (12th ed.). Essex, England: Pearson Education Limited.
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2013). Evolução histórica dos modelos da estrutura interna da Terra: Visões de professores de ciências. *Colóquio de História da Ciência para o Ensino – Livro de resumos*, 22-25.
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2016). Models in Geoscience Classes: How Can Teachers Use Them?. In *Geoscience Education* (pp. 25-41). Cham, Switzerland: Springer.
- Trindade, R., & Cosme, A. (2016). Instruir, aprender ou comunicar: Reflexão sobre os fundamentos das opções pedagógicas perspetivadas a partir do ato de ensinar. *Revista Diálogo Educacional*, 16(50), 1031-105.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P.V., & Reece, J. B. (2017). *Campbell biology*. (11th ed.). New York, USA: Pearson Education, Inc.
- Van der Pluijm, B. A., & Marshak, S. (2004). *Earth structure: An introduction to structural geology and tectonics*. (2nd ed.). New York, USA: W. W. Norton Company.
- Veríssimo, A., Pedrosa, A., & Ribeiro, R. (2001). *Ensino Experimental das Ciências:(re) pensar o ensino das ciências*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação de Portugal, 07-08.
- Willerman, M., & Harg, R. A. M. (1991). The concept map as an advance organizer. *Journal of research in science teaching*, 28(8), 705-711.
- Yildirim, A. (2003). Instructional planning in a centralized school system: Lessons of a study among primary school teachers in Turkey. *International review of education*, 49(5), 525-543.
- Zhamaletdinov, A. A. (2014). The nature of the Conrad discontinuity with respect to the results of kola superdeep well drilling and the data of a deep geoelectrical survey. *Doklady Earth Sciences*, 455, 1, 350-354. Germany: Springer Science & Business Media.

7. Anexos

Anexo I - Planificação a longo prazo para a disciplina de Biologia e Geologia de 11º ano.

Planificação anual					
11ºA	Sub-domínios	Objetivos gerais	Nº	Σ	
1º Período 36 aulas	Biologia - A vida e os seres vivos	Unidade 5 1. Crescimento e renovação celular. 1.1 DNA e síntese proteica 1.2 Mitose 2. Crescimento e regeneração de tecidos vs diferenciação celular	15	89	
		Unidade 6 1. Reprodução assexuada. 1.1 Estratégias reprodutoras 2. Reprodução sexuada 2.1 Meiose e fecundação 2.2 Reprodução sexuada e variabilidade 3. Ciclos de vida: unidade e diversidade.	18		
2º Período 36 aulas	Biologia - A vida e os seres vivos	Unidade 7 1. Unicelularidade e multicelularidade 2. Mecanismos de evolução 2.1 Evolucionismo vs fixismo 2.2 Selecção natural, selecção artificial e variabilidade	15		
		Unidade 8 1. Sistemas de classificação 1.1 Diversidade de critérios 1.2 Taxonomia e Nomenclatura 2. Sistema de classificação de Whittaker modificado.	6		
3º Período 21 aulas	Geologia	Tema IV – Geologia, problemas e materiais do quotidiano 1. Ocupação antrópica e problemas de ordenamento: 1.1 Bacias hidrográficas (Análise de uma situação-problema). 1.2 Zonas costeiras (Análise de uma situação-problema). 1.3 Zonas de vertente (Análise de uma situação-problema). 2. Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres. 2.1 Principais etapas de formação das rochas sedimentares. Rochas sedimentares. As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra. 2.2 Magmatismo. Rochas magmáticas. 2.3 Deformação frágil e dúctil. Falhas e dobras. 2.4 Metamorfismo. Agentes de metamorfismo. Rochas metamórficas. 3. Exploração sustentada de recursos geológicos.	35		

Anexo II - Planificação a longo prazo para a disciplina de Ciências Naturais, 7º ano.

Planificação anual					
7º I	Sub-domínios	Objetivos gerais	Nº aulas	Σ	
1º Período 36 aulas	Dinâmica Externa	Compreender a diversidade das paisagens geológicas Compreender os minerais como unidades básicas das rochas Analisar os conceitos e os processos relativos à formação das rochas sedimentares	9	93	
	Estrutura e dinâmica interna da Terra	Compreender os fundamentos da estrutura e da dinâmica da Terra Aplicar conceitos relativos à deformação das rochas	27		
2º Período 36 aulas	Consequências da dinâmica interna da Terra	Compreender a atividade vulcânica como uma manifestação da dinâmica interna da Terra Interpretar a formação das rochas magmáticas Compreender o metamorfismo como uma consequência da dinâmica interna da Terra Conhecer o ciclo das rochas	36		
		Compreender que as formações litológicas em Portugal devem ser exploradas de forma sustentada Compreender a atividade sísmica como uma consequência da dinâmica interna da Terra Compreender a estrutura interna da Terra			
		Compreender a importância dos fósseis para a reconstituição da história da Terra Compreender as grandes etapas da história da Terra			
3º Período 21 aulas	A Terra conta a sua história	Compreender a importância dos fósseis para a reconstituição da história da Terra Compreender as grandes etapas da história da Terra	15		
	Ciência geológica e sustentabilidade da vida na Terra	Compreender o contributo do conhecimento geológico para a sustentabilidade da vida na Terra	6		

Anexo III - Planificação a médio prazo da disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano, referente ao 1º período do ano letivo.

1º Período						
	Unidade	Conteúdos conceituais (2003)	Conteúdos procedimentais (2003)	Aprendizagens essenciais (2018)	Nº Aulas	Σ
Biologia - A vida e os seres vivos	Unidade 5	Crescimento e renovação celular	-Discutir a necessidade de constante renovação de alguns dos constituintes celulares (ex. proteínas).	Relacionar crescimento, regeneração e especialização (células/tecidos) com a regulação dos processos de síntese e de divisão celular.	2	33
		DNA e síntese proteica	-Explicar como a expressão da informação contida no DNA se relaciona com o processo de síntese de proteínas. -Analisar e interpretar dados de natureza diversa (em tabelas, esquemas,...) relativos aos mecanismos de replicação, transcrição e tradução. -Interpretar procedimentos laboratoriais e experimentais relacionados com estudos de síntese proteica e ciclo celular. -Formular e avaliar hipóteses relacionadas com a influência de factores ambientais sobre o ciclo celular.	-Explicar processos de replicação, transcrição e tradução, distinguindo os diferentes tipos de ácidos nucleicos em termos de composição, estrutura e função. -Relacionar a expressão da informação genética com as características das proteínas e o metabolismo das células. -Interpretar gráficos de teor de ADN (ciclo celular) e realizar exercícios de leitura de código genético. -Interpretar situações relacionadas com mutações génicas, com base em conhecimentos de expressão genética.	7	
		Mitose	-Formular e avaliar hipóteses relacionadas com a influência de factores ambientais sobre o ciclo celular. -Conceber, executar e interpretar procedimentos laboratoriais simples, de cultura biológica e técnicas microscópicas, conducentes ao estudo da mitose. -Interpretar, esquematizar/ou descrever imagens de mitose em células animais e vegetais, identificando acontecimentos celulares e reconstituindo a sua sequencialidade.	-Explicar o ciclo celular e a sequência de acontecimentos que caracterizam mitose e citocinese em células animais e vegetais. -Realizar procedimentos laboratoriais para observar imagens de mitose em tecidos vegetais.	4	
		Crescimento e regeneração de tecidos vs diferenciação celular	-Avaliar o papel da mitose nos processos de crescimento, reparação e renovação de tecidos e órgãos em seres pluricelulares. -Explicar que o crescimento de seres multicelulares implica processos de diferenciação celular. -Discutir a possibilidade dos processos de diferenciação celular poderem ser afectados por agentes ambientais (ex. raios x; drogas; infecções virais; ...).	-Relacionar a diferenciação celular com a complexidade estrutural e funcional de seres multicelulares.	2	
	Unidade 6	Reprodução assexuada	-Recolher, interpretar e organizar dados de natureza diversa, relativamente a processos de reprodução assexuada em diferentes tipos de organismos	-Explicar a importância da diversidade dos processos de reprodução e dos ciclos de vida no crescimento das populações, sua variabilidade e sobrevivência.	6	
		Estratégias reprodutoras	-Relacionar a mitose com os processos de reprodução assexuada. -Planificar e executar actividades laboratoriais e experimentais. -Avaliar implicações da reprodução assexuada ao nível da variabilidade e sobrevivência de populações.	-Discutir potencialidades e limitações biológicas da reprodução assexuada e sua exploração com fins económicos. -Planificar e realizar procedimentos laboratoriais e/ou de campo sobre processos de multiplicação vegetativa.		
		Reprodução sexuada	-Prever em que tecidos de um ser vivo se poderão observar imagens de meiose.	-Relacionar o carácter aleatório dos processos de fecundação e meiose com a variabilidade dos seres vivos. -Identificar e sequenciar fases de meiose, nas divisões I e II. -Comparar os acontecimentos nucleares de meiose (divisões reducional e equacional) com os de mitose.	8	
		Meiose e fecundação	-Interpretar, esquematizar e legendar imagens relativas aos principais acontecimentos da meiose. -Discutir de que modo meiose e fecundação contribuem para a variabilidade dos seres vivos.			
		Reprodução sexuada e variabilidade	-Recolher e organizar dados de natureza diversa, relativamente às estratégias de reprodução utilizadas por seres hermafroditas			
		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.			

Anexo IV - Planificação a médio prazo da disciplina de Ciências Naturais do 7º ano, referente ao 2º período do ano letivo.

2º Período					
Sub-domínios	Objetivos Gerais	Metas curriculares (2013)	Aprendizagens essenciais (2018)	Nº aulas	Σ
Consequência da dinâmica interna da Terra	Compreender a atividade vulcânica como uma manifestação da dinâmica interna da Terra	<ul style="list-style-type: none"> -Esquematizar a estrutura de um aparelho vulcânico. -Distinguir diferentes materiais expelidos pelos vulcões, com base em amostras de mão. -Estabelecer uma relação entre os diferentes tipos de magmas e os diversos tipos de atividade vulcânica, através de uma atividade prática. -Exemplificar manifestações de vulcanismo secundário. -Explicar os benefícios do vulcanismo (principal e secundário) para as populações. -Referir medidas de prevenção e de proteção de bens e de pessoas do risco vulcânico. -Inferir a importância da ciência e da tecnologia na previsão de erupções vulcânicas. -Reconhecer as manifestações vulcânicas como consequência da dinâmica interna da Terra. 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar os principais aspetos de uma atividade vulcânica, em esquemas ou modelos, e estabelecendo as possíveis analogias com o contexto real em que os fenómenos acontecem. -Relacionar os diferentes tipos de edifícios vulcânicos com as características do magma e o tipo de atividade vulcânica que lhes deu origem. -Identificar vantagens e desvantagens do vulcanismo principal e secundário para as populações locais, bem como os contributos da ciência e da tecnologia para a sua previsão e minimização de riscos associados. 	7	36
	Interpretar a formação das rochas magmáticas	<ul style="list-style-type: none"> -Explicar a génese das rochas magmáticas plutónicas e vulcânicas. -Identificar diferentes tipos de rochas plutónicas (gabro e granito) e vulcânicas (basalto e riólito), com base em amostras de mão. -Relacionar a génese das rochas magmáticas com a respetiva textura, com base na dimensão e na identificação macroscópica dos seus minerais constituintes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Distinguir rochas magmáticas (granito e basalto) de rochas metamórficas (xistos, mármore e quartzitos), relacionando as suas características com a sua génese. 	4	
	Compreender o metamorfismo como uma consequência da dinâmica interna da Terra	<ul style="list-style-type: none"> -Explicar o conceito de metamorfismo, associado à dinâmica interna da Terra. -Referir os principais fatores que estão na origem da formação das rochas metamórficas. -Distinguir metamorfismo de contacto de metamorfismo regional, com base na interpretação de imagens ou de gráficos. -Identificar diferentes tipos de rochas metamórficas (xistos e outras rochas com textura foliada e/ou bandada bem definida; mármore; quartzitos, que apresentem textura granoblástica), com recurso a uma atividade prática. -Relacionar o tipo de estrutura que a rocha apresenta com o tipo de metamorfismo que lhe deu origem, em amostras de mão. 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar aspetos característicos de paisagens magmáticas e metamórficas, relacionando-os com o tipo de rochas presentes e as dinâmicas a que foram sujeitas após a sua formação. 	4	
	Conhecer o ciclo das rochas	<ul style="list-style-type: none"> -Descrever o ciclo das rochas. -Enunciar os processos geológicos envolvidos no ciclo das rochas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Interpretar informação relativa ao ciclo das rochas, integrando conhecimentos sobre rochas sedimentares, magmáticas e metamórficas e relacionando-os com as dinâmicas interna e externa da Terra. 	4	
	Compreender que as formações litológicas em Portugal devem ser exploradas de forma sustentável	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar os diferentes grupos de rochas existentes em Portugal, utilizando cartas geológicas. -Referir aplicações das rochas na sociedade. -Reconhecer as rochas utilizadas em algumas construções, na região onde a escola se localiza. -Defender que a exploração dos recursos litológicos deve ser feita de forma sustentável. 	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar os principais grupos de rochas existentes em Portugal em cartas geológicas simplificadas e reconhecer a importância do contributo de outras ciências para a compreensão do conhecimento geológico. -Relacionar algumas características das rochas e a sua ocorrência com a forma como o Homem as utiliza, a partir de dados recolhidos no campo. -Analisar criticamente a importância da ciência e da tecnologia na exploração sustentável dos recursos litológicos, partindo de exemplos teoricamente enquadrados em problemáticas locais, regionais, nacionais ou globais. 	3	
	Compreender a atividade sísmica como uma consequência da dinâmica interna da Terra	<ul style="list-style-type: none"> -Explicar a formação de um sismo, associado à dinâmica interna da Terra. -Associar a vibração das rochas ao registo das ondas sísmicas. -Distinguir a Escala de Richter da Escala Macrossísmica Europeia. -Explicitar a intensidade sísmica, com base em documentos de sismos ocorridos. -Interpretar cartas de isossistas, em contexto nacional. -Identificar o risco sísmico de Portugal e da região onde a escola se localiza. -Caraterizar alguns episódios sísmicos da história do território nacional, com base em pesquisa orientada. -Indicar os riscos associados à ocorrência de um sismo. -Descrever medidas de proteção de bens e de pessoas, antes, durante e após a ocorrência de um sismo. -Reconhecer a importância da ciência e da tecnologia na previsão sísmica. -Relacionar a distribuição dos sismos e dos vulcões na Terra com os diferentes limites de placas tectónicas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Distinguir hipocentro de epicentro sísmico e intensidade de magnitude sísmica. -Distinguir a Escala de Richter da Escala Macrossísmica Europeia. -Interpretar sismogramas e cartas de isossistas nacionais, valorizando o seu papel na identificação do risco sísmico de uma região. -Discutir medidas de proteção de bens e de pessoas, antes, durante e após um sismo, bem como a importância da ciência e da tecnologia na previsão sísmica. 	8	
	Compreender a estrutura interna da Terra	<ul style="list-style-type: none"> -Relacionar a inacessibilidade do interior da Terra com as limitações dos métodos diretos. -Enumerar diversos instrumentos tecnológicos que permitem compreender a estrutura interna da Terra. -Explicar os contributos da planetologia, da sismologia e da vulcanologia para o conhecimento do interior da Terra. -Caraterizar, a partir de esquemas, a estrutura interna da Terra, com base nas propriedades físicas e químicas (modelo geoquímico e modelo geofísico). 	<ul style="list-style-type: none"> -Explicar a distribuição dos sismos e dos vulcões no planeta Terra, tendo em conta os limites das placas tectónicas. -Relacionar os fenómenos vulcânicos e sísmicos com os métodos diretos e indiretos e com a sua importância para o conhecimento da estrutura interna da Terra, explicitando os contributos da ciência e da tecnologia para esse conhecimento. 	6	

Anexo V – Critérios e descritores de correção da parte 2 da atividade prática de lápis e papel, sobre estrutura interna da Terra - “Viagem ao centro da Terra”, aplicada na turma de 7º ano.

Critérios e descritores de correção da atividade prática de lápis e papel “Viagem ao centro da Terra” – parte 2

Item								Pontos
Cotação (em pontos)								
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2	100
5	9	9	10	10	8	10	39	

1.1 **5 Pontos**

- ✓ Cada resposta correta soma 2,5 pontos.

Proposta de resolução:

- A** - Composição químico-mineralógica **ou** Composição química
B – Comportamento físico **ou** Estado físico

1.2 **9 Pontos**

- ✓ Cada associação correta soma 1 ponto.

Resolução:

Astenosfera	5	Endosfera externa	7
Endosfera interna	8	Crusta oceânica	1a
Crusta continental	1b	Litosfera	4
Mesosfera	6	Manto	2
Núcleo	3		

1.3 **9 Pontos**

- ✓ Cada camada corretamente caracterizada soma 3 pontos.
- 1.5 pontos para a composição química
 - 1.5 pontos para a espessura / profundidade das camadas

Proposta de resolução:

- 1-** Crusta continental: rochas graníticas, entre 10 e 50/70 km.
Crusta oceânica: rochas basálticas, entre 5 e 10 km.
Ou
Crusta: rochas siliciosas, entre 5 e 50/70 km

Anexo V (continuação) – Critérios e descritores de correção da parte 2 da atividade prática de lápis e papel, sobre estrutura interna da Terra - “Viagem ao centro da Terra”, aplicada na turma de 7º ano.

- 2- Manto: composição maioritariamente peridotítica (rica em ferro e magnésio), espessura de aproximadamente 2830 km (entre os 70 km e os 2900 km de profundidade).
- 3- Núcleo: composto por ferro e níquel, entre os 2900 e os 6370 km de profundidade (com uma espessura de cerca de 3470 km).

1.4 ----- 10 Pontos

- ✓ Cada associação correta soma 2 pontos.

Resolução:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 4- Sólido | 7- Líquido |
| 5- Sólido com comportamento plástico | 8- Sólido |
| 6- Sólido | |

1.5 ----- 10 Pontos

- ✓ Cada associação correta soma 2 pontos.

Proposta de resolução:

Modelo B	Modelo A
Litosfera	Crusta e parte do manto (superior)
Astenosfera	Parte do manto (superior)
Mesosfera	Parte do manto (superior + inferior)
Endosfera externa	Núcleo
Endosfera interna	

1.6 ----- 8 Pontos

- ✓ Cada resposta correta soma 1 ponto.
- ✓ Poderá também considerar-se como correta a apresentação de exemplos adequados a cada camada ao invés da indicação de método direto ou indireto.

Proposta de resolução:

Camada	Métodos	Camada	Métodos
1	Diretos	5	Diretos / indiretos
2	Diretos e indiretos	6	Diretos / indiretos
3	Indiretos	7	Indiretos
4	Diretos	8	Indiretos

Anexo V (continuação) – Critérios e descritores de correção da parte 2 da atividade prática de lápis e papel, sobre estrutura interna da Terra - “Viagem ao centro da Terra”, aplicada na turma de 7º ano.

1.7----- 10 Pontos

Tópicos de resposta:

- Os modelos baseiam-se em informações retiradas da análise de dados e/ou amostras.
- Novas tecnologias permitem obter novos dados que podem levar a aperfeiçoar ou reestruturar os modelos propostos anteriormente.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	2	Apresenta dois tópicos.	8
	1	Apresenta apenas um tópico	4
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1




2----- 39 Pontos

- ✓ Cada resposta correta soma 3 pontos.



Proposta de resolução:

Horizontal	Solução
6	Mesosfera
7	Astenosfera
8	Endosfera externa
10	Modelo físico
12	Modelo químico
13	Manto



Vertical	Solução
1	Litosfera
2	Crusta
3	Basalto
4	Endosfera interna
5	Núcleo
9	Peridotito
11	Líquido

 Este Alentejo Agrupamento de Escolas		 ES D. Duarte		 D. DUARTE		Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia-11ºA Ano Letivo 2018/2019	
Conteúdos	Níveis Cognitivos	Matriz teste sumativo – Crescimentos celular e renovação & Reprodução sexuada			Objetivos		
		Conhecer / Recordar	Compreender	Aplicar Analisar Avaliar Criar			
10º ano							
Diversidade na Biosfera – Organização biológica	1 escolha múltipla (Grupo I, 1.2)	-	-	-	1	5	
Obtenção de energia - Fotossíntese	-	1 ordenamento (Grupo III, 2)	-	-	1	6	
Transporte nas plantas	-	1 escolha múltipla (Grupo III, 1.4)	-	-	1	5	Recordar e rever conceitos e conteúdos básicos do 10º ano (revisão para o exame nacional).
Transporte nos animais	1 escolha múltipla (Grupo I, 1.4)	-	-	-	1	5	
Trocas gasosas nos animais	-	1 escolha múltipla (Grupo I, 1.7)	-	-	1	5	
Osmorregulação	-	1 escolha múltipla (Grupo I, 1.6)	-	-	1	5	
Crescimento, renovação e diferenciação celular	3 escolha múltipla (Grupo I, 1.1, 1.5; Grupo IV, 1.1)	1 escolha múltipla (Grupo IV, 1.4) 1 resposta aberta (Grupo I, 3)	1 resposta aberta (Grupo IV, 3)	1 resposta aberta (Grupo IV, 3)	6	40	Avaliar o papel da mitose nos processos de crescimento, reparação e renovação de tecidos e órgãos em seres pluricelulares. Compreender o processo de diferenciação celular e os conceitos de célula indiferenciada e diferenciada
Clonagem	-	2 escolha múltipla (Grupo III, 1.5, 1.6)	1 resposta aberta (Grupo III, 4)	1 resposta aberta (Grupo III, 4)	3	20	Compreender o conceito de clone e os alicerces teóricos do processo de clonagem.

Anexo VI (continuação) - Matriz do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.



 		Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia-11 ^ª A Ano Letivo 2018/2019					
Conteúdos	Níveis Cognitivos	Conhecer / Recordar	Compreender	Aplicar Analisar Avaliar Criar	Pontuação	Objetivos	
		Nº Questões					
11 ^o ano	Miose	1 escolha múltipla (Grupo II, 2.4)	3 escolha múltipla (Grupo II, 2.5; Grupo IV, 1.2, 1.3) 1 questão de ordenamento (Grupo II, 3)	1 resposta aberta (Grupo III, 3)	6	36	Compreender a meiose no ciclo de vida do Homem. Conhecer e diferenciar a divisão reducional e a divisão equacional da meiose. Compreender o processo de <i>crossing-over</i> . Localizar as principais fontes de variabilidade genética ao longo da meiose.
		-	2 escolha múltipla (Grupo I, 1.3; Grupo II, 2.1)	1 resposta aberta (Grupo II, 4)	3	20	Conhecer o conceito de fecundação. Relacionar a divisão meiótica com a produção de gâmetas. Comparar as vantagens e desvantagens das reproduções sexuada e assexuada.
	1 escolha múltipla (Grupo II, 2.3)	1 escolha múltipla (Grupo III, 1.2)	-	2	10	Aplicar conceitos para interpretar diferentes tipos de ciclos de vida. Localizar e identificar os processos de reprodução presentes num ciclo de vida.	
	1 escolha múltipla (Grupo III, 1.3)	-	-	1	5	Comparar e avaliar modelos explicativos da origem dos seres eucariontes.	
	Evolução	-	1 escolha múltipla (Grupo II, 2.2)	1 resposta aberta (Grupo I, 2)	2	15	Conhecer as teorias evolucionistas e identificar os argumentos em que se baseiam.
	Classificação e taxonomia	1 resposta fechada (Grupo II, 1)	1 escolha múltipla (Grupo III, 1.1)	-	2	11	Conhecer as regras básicas da taxonomia binomial. Identificar e distinguir os diferentes grupos da classificação de Whittaker modificada.

Anexo VI (continuação) - Matriz do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

				Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia - 11 ^ª A Ano Letivo 2018/2019			
Conteúdos	Níveis Cognitivos	Conhecer / Recordar	Compreender	Aplicar Analisar Avaliar Criar	Nº Questões	Pontuação	Objetivos
Interpretação				1 escolha múltipla (Grupo IV, 1.5) 1 resposta fechada (Grupo IV, 3)	2	12	Interpretar em textos e gráficos os resultados de trabalhos experimentais.
Total		9	17	7	33	200	

Este Otimbra Agrupamento de Escolas		ES D. Duarte		Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia-11ºA Ano Letivo 2018/2019	
Este Otimbra Agrupamento de Escolas		ES D. Duarte		Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia-11ºA Ano Letivo 2018/2019	
Matriz teste sumativo – Crescimentos celular e renovação & Reprodução sexuada					
Conteúdos	Níveis Cognitivos	Nº questões	Objetivos	Bibliografia	
10º Ano	Diversidade na Biosfera – Organização biológica	1	Conhecer o conceito de espécie.	Manual, páginas 14 a 16	
	Obtenção de energia - Fotossíntese	1	Compreender o processo de fotossíntese.	Manual, páginas 86 a 98	
	Transporte nas plantas	1	Conhecer os mecanismos que possibilitam o transporte de substâncias nas plantas.	Manual, páginas 109 a 121	
	Transporte nos animais	1	Conhecer os sistemas de transporte dos diferentes grupos de animais.	Manual, páginas 126 a 138	
	Trocas gasosas nos animais	1	Relacionar as estruturas respiratórias dos animais com a sua complexidade e adaptação ao meio.	Manual, páginas 173 a 180	
	Osmorregulação	1	Compreender o mecanismo de osmorregulação nos animais.	Manual, páginas 207 a 211	
	Crescimento, renovação e diferenciação celular Mutações Cancro	6	Avaliar o papel da mitose nos processos de crescimento, reparação e renovação de tecidos e órgãos em seres pluricelulares. Compreender o processo de diferenciação celular e os conceitos de célula indiferenciada e diferenciada	Manual, páginas 58 a 66 Mapa de conceitos Slides aulas Atividades de lápis e papel "como se regula a expressão dos genes?"	
11º Ano	Clonagem	3	Compreender o conceito de clone e os alicerces teóricos do processo de clonagem.	Manual, páginas 58 a 66 Mapa de conceitos Slides aulas Teste formativo aula 19	

Anexo VII (continuação) - Matriz, para os alunos, do teste sumativo Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

				Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias Biologia e Geologia-11 ^ª A Ano Letivo 2018/2019	
Conteúdos	Níveis Cognitivos	Nº questões	Objetivos		Bibliografia
			Meiose	5	
Fecundação e Reprodução Sexuada	4	Compreender o processo de <i>crossing-over</i> . Conhecer o conceito de fecundação. Relacionar a divisão meiótica com a produção de gâmetas. Comparar as vantagens e desvantagens das reproduções sexuada e assexuada.	Atividades de lápis e papel "404 ERROR Chromosome not found" e "Ciência popular"		
Ciclos de vida	2	Aplicar conceitos para interpretar diferentes tipos de ciclos de vida. Localizar e identificar os processos de reprodução presentes num ciclo de vida.	Manual, páginas 110 a 120		
Da unicelularidade à pluricelularidade	1	Comparar e avaliar modelos explicativos da origem dos seres eucariontes.	Manual, páginas 131 a 135		
Evolução	2	Conhecer as teorias evolucionistas e identificar os argumentos em que se baseiam.	Manual, páginas 147 a 176		
Classificação e taxonomia	2	Conhecer as regras básicas da taxonomia binomial. Identificar e distinguir os diferentes grupos da classificação de Whittaker modificada.	Manual, páginas 193 a 203		

**Critérios e descritores de correção do teste sumativo sobre
Crescimento celular e renovação de tecidos & Reprodução sexuada**

Grupo I

1. ----- (7 x 5) ----- **35 pontos**

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Versão 1	B	C	B	C	D	C	D
Versão 2							

2. ----- **10 Pontos**

Tópicos de resposta:

- Relação entre a ausência de luz nas cavernas e a alteração da capacidade de visão. (Mudança de meio do rio para as cavernas)
- Relação entre a alteração da capacidade de visão e a morfologia do olho. (Lei do uso e desuso)
- Relação entre a transmissão da característica adquirida à descendência e a possibilidade da conformidade deste facto com a teoria lamarckista.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	8
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

3. ----- **10 Pontos**

Tópicos de resposta:

- Referência ao bloqueio/inibição da transcrição de diferentes genes em diferentes células;
- Relação entre a produção de diferentes moléculas de mRNA a partir de um mesmo gene e o processamento alternativo;

Anexo VIII (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

- Relação entre a produção de conjuntos de proteínas diferentes e a diferenciação celular.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	8
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

Grupo II

1. ----- **6 pontos**

- **Canis:** género

- **lupus:** restritivo específico que indica a espécie

- **signatus:** restritivo subespecífico que indica a subespécie

- **Cabrera:** nome do autor que primeiro identificou a espécie

- **1907:** data de descrição da espécie

✓ Cada um dos tópicos acima descritos soma 1 ponto.

✓ Soma 1 ponto sublinhar o género, espécie e subespécie. (A falta de um destes é suficiente para a perda deste ponto.)

2. ----- (5 x 5) ----- **25 pontos**

	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Versão 1	A	C	D	D	A
Versão 2					

3. ----- **6 pontos**

Versão 1 – **F, C, B, A, D, E** Versão 2 –

Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
3	Apresenta a sequência totalmente correta.	6
2	Apresenta duas letras trocadas.	3
1	Apresenta a sequência errada.	0

Anexo VIII (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

4. ----- **10 pontos**

Tópicos de resposta:

- Referência à designação de hermafroditismo suficiente.
- Relação entre a capacidade de autofecundação e a continuidade da espécie em caso de isolamento dos organismos.
- Relação entre a ausência de diversidade genética e a origem comum dos dois gâmetas.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	8
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

Grupo III

1. ----- (6 x 5) ----- **30 pontos**

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Versão 1	B	D	D	A	A	B
Versão 2						

2. ----- **6 pontos**

Versão 1 – **D, B, A, E, C** Versão 2 –

Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
3	Apresenta a sequência totalmente correta.	6
2	Apresenta duas letras trocadas.	3
1	Apresenta a sequência errada.	0

Anexo VIII (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11^o ano.

3. 10 Pontos

Tópicos de resposta:

- Em células vegetais, a citocinese ocorre por fusão de vesículas provenientes do complexo de Golgi;
- Devido à mutação no gene codificador da proteína, a citocinese não se processa normalmente;
- Não sendo comprometida a mitose, algumas células passam a apresentar mais do que um núcleo.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	8
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

4. 10 Pontos

Tópicos de resposta:

- Clones são organismos geneticamente idênticos entre si e ao organismo que lhes serviu de modelo.
- Organismos com a mesma informação genética irão reagir de forma idêntica a fatores ambientais adversos (doenças, parasitas, etc...)
- Se o organismo modelo não for capaz de se adaptar (ou sobreviver) a determinado fator e este afetar a nova população, os clones também não o seriam perdendo-se toda a plantação.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	4
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

Anexo VIII (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste sumativo sobre Crescimento e renovação celular e Meiose e reprodução sexuada, para a Biologia de 11º ano.

Grupo IV

1. ----- (5 x 5) ----- **25 pontos**

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Versão 1	D	B	B	C	C
Versão 2					

2. ----- **7 Pontos**

Controlo – Meio de cultura e Água

Variável dependente – origem (espécie animal) da célula

Variável independente – viscosidade produzida pelo ácido hialurónico

- ✓ A correta identificação de dos controlos soma 3 pontos (1,5 pontos por cada um dos controlos mencionados).
- ✓ A correta identificação das variáveis soma 4 pontos (2 pontos por cada variável)

3. ----- **10 Pontos**

Tópicos de resposta:



- As células entram em apoptose quando os pontos de controlo do ciclo celular detetam erros.
- Quando o erro é nas proteínas que desencadeiam apoptose estas podem não ser sintetizadas, ou serem disfuncionais, levando a uma falha no controlo do ciclo celular;
- A falha nos mecanismos de controlo do ciclo celular conduz à multiplicação celular descontrolada (ou ao desenvolvimento do cancro).

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	3	Apresenta os três tópicos.	6
	2	Apresenta dois tópicos.	4
	1	Apresenta apenas um tópico	2
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

Matriz teste sumativo – Estrutura interna da Terra

Níveis Cognitivos Conteúdos	Objetivos				Pontuação	
	Conhecer / Recordar	Compreender	Aplicar Analisar Avaliar Criar	Nº Questões		
Tectónica de placas	1 escolha múltipla (Grupo I, 5) 2 resposta curta (Grupo II – 5.1.2, 5.1.3)		1 resposta aberta (Grupo II, 5.2)	4	17	Relacionar a tectónica de placas com as camadas que constituem o interior da Terra.
Métodos de estudo da estrutura interna da Terra	1 escolha múltipla (Grupo I, 1)	2 escolha múltipla (Grupo I, 3; Grupo II, 8.3) 1 associação (Grupo I, 4)	1 resposta aberta (Grupo I, 2)	5	28	Distinguir métodos diretos e indiretos de estudo do interior da Terra. Conhecer exemplos de métodos diretos e indiretos de estudo do interior da Terra. Relacionar a inacessibilidade do interior da Terra com as limitações dos métodos diretos.
Modelos da estrutura interna da Terra	2 escolha múltipla (Grupo I, 6; Grupo II – 4.2)	4 escolha múltipla (Grupo I, 7; Grupo II, 4.1, 4.3 e 4.4)	1 resposta curta (Grupo II, 8.1.1) 1 resposta aberta (Grupo II, 6)	8	40	Reconhecer os critérios utilizados na elaboração dos modelos do interior da Terra. Enumerar as diferentes camadas segundo cada um dos modelos. Relacionar os avanços tecnológicos com o progresso científico.
Interpretação			3 escolha múltipla (Grupo II, 1, 2 e 3)	3	15	Interpretar textos e gráficos e relacionar a informação com os conteúdos aprendidos sobre o estudo da geosfera.
Total	6	7	7	20	100	

Cultura geral (bónus)	5 escolha múltipla	5	5
------------------------------	--------------------	---	---

 		Ciências Naturais - 7.ª Ano Letivo 2018/2019	
Matriz teste sumativo – Estrutura interna da Terra			
Conteúdos	N.º questões	Objetivos	Bibliografia
Tectónica de placas	4	Relacionar a tectónica de placas com as camadas que constituem o interior	<ul style="list-style-type: none"> • Manual, páginas 65 a 71
Métodos de estudo do interior da Terra	5	Distinguir métodos diretos e indiretos de estudo do interior da Terra.	<ul style="list-style-type: none"> • Manual, páginas 140 a 143
		Conhecer exemplos de métodos diretos e indiretos de estudo do interior da Terra.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de conceitos • Atividade prática de lápis e papel
Modelos da estrutura interna da Terra	8	Relacionar a inacessibilidade do interior da Terra com as limitações dos métodos diretos.	<ul style="list-style-type: none"> • “Viagem ao centro da Terra” (parte 1)
		Reconhecer os critérios utilizados na elaboração dos modelos do interior da Terra.	<ul style="list-style-type: none"> • Manual, páginas 144 e 145 • Mapa de conceitos
		Enumerar as diferentes camadas segundo cada um dos modelos.	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade prática de lápis e papel • “Viagem ao centro da Terra” (parte 2)
Interpretação	3	Relacionar os avanços tecnológicos com o progresso científico.	<ul style="list-style-type: none"> • Tabelas resumo modelos da estrutura interna da Terra (enviado para o email da turma) • Modelo 3D construído nas aulas
		Interpretar textos e gráficos e relacionar a informação com os conteúdos aprendidos sobre o estudo da geosfera.	

Critérios e descritores de correção do teste sumativo sobre Estrutura Interna da Terra

Grupo I

Escolhas múltiplas (5 x 5) **25 pontos**

Questão	1	3	5	6	7
Versão 1	C	C	B	C	A
Versão 2					

2. **8 Pontos**

Tópicos de resposta:

- Limitações geológicas/ tecnológicas: relação entre o aumento da temperatura e pressão com a profundidade e a capacidade de perfurar os materiais.
- Limitações económicas: Custo elevado do método (brocas de diamante, mão de obra, tubagens, etc...)

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	2	Apresenta dois tópicos.	6
	1	Apresenta apenas um tópico	3
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

4. (5 x 1) **5 Pontos**

- ✓ Cada associação correta soma 1 ponto.

Coluna A	a)	b)	c)	d)	e)
Versão 1 - Coluna B	3	5	2	1	4
Versão 2 - Coluna B					

Anexo XI (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste de avaliação sumativa sobre Estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

Grupo II

Escolhas múltiplas ----- (x 5) ----- **25 pontos**

Questão	2	3	4.1	4.2	4.3	4.4	5.3
Versão 1	D	A	D	A	B	A	A
Versão 2							

1. ----- **5 pontos**

Versão 1 – **A, C, D, B** Versão 2 –

Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
2	Apresenta a sequência totalmente correta.	5
1	Apresenta a sequência errada.	0

5.1.1 ----- (2 x 1) ----- **2 pontos**

	X	Y
Versão 1	Litosfera	Astenosfera
Versão 2		

5.1.2 ----- **2 pontos**

✓ Forças convergentes

5.1.3 ----- **2 pontos**

✓ Limite convergente

Ou

✓ Zona de subducção

Deverá ser contabilizada como correta qualquer uma das duas opções de resposta acima indicadas.

5.2 ----- **8 pontos**

Tópicos de resposta:

- Referir que o limite apresentado é um contacto entre uma placa litosférica com crosta oceânica e uma placa com crosta continental.

- Referir que a placa oceânica é mais densa e por isso afunda.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
-----------	-------	-------------------------	-----------

Anexo XI (continuação) - Critérios de correção e descritores do teste de avaliação sumativa sobre Estrutura interna da Terra, para a Geologia de 7º ano.

Conteúdo	2	Apresenta dois tópicos.	6
	1	Apresenta apenas um tópico	3
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

6. ----- 8 Pontos

Tópicos de resposta:

- Os modelos baseiam-se em informações retiradas da análise de dados e/ou amostras.
- Novas tecnologias permitem obter novos dados que podem levar a aperfeiçoar ou reestruturar os modelos propostos anteriormente.

Parâmetro	Nível	Descritor de desempenho	Pontuação
Conteúdo	2	Apresenta dois tópicos.	6
	1	Apresenta apenas um tópico	3
Discurso e rigor científico	2	Apresenta um discurso bem estruturado, com organização coerente de ideias e com rigor científico.	2
	1	Apresenta falhas de coerência no discurso que dificultam a perceção do(s) tópico(s) ou do encadeamento dos tópicos; OU Apresenta falhas no plano do rigor científico, designadamente, no uso de termos, de conceitos e/ou de processos.	1

Grupo Bónus

Escolhas múltiplas ----- (5 x 1) ----- 5 pontos

Questão	1	2	3	4	5
Versão 1	C	B	D	B	C

Atividade prática lápis e papel "Dividir para multiplicar"

Relatório em formato V de Gowin

Descritores de nível de desempenho (Tabelas 1-5)

Tabela 1. Descritores de nível de desempenho - **Formulação da questão-problema**

Nível	Descritores	Pontuação
5	Formula uma questão problema com relação aos conteúdos, sem falhas linguísticas ou científicas.	20
4	Formula uma questão problema com relação aos conteúdos, mas com falhas linguísticas ou científicas.	15
3	Apresenta uma questão problema mal formulada ou incompleta, mas com a ideia correta.	10
2	Formula uma questão problema, mas sem relação com os conteúdos	5
1	Não formula uma questão problema	0

Tabela 2. Descritores de nível de desempenho- **Princípios teóricos**

Nível	Descritores	Pontuação
9	Nos princípios teóricos são apresentados 4 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	50
8	Nos princípios teóricos são apresentados 4 tópicos com organização, mas com falhas na coerência dos conteúdos ou com linguagem científica desadequada.	45
7	Nos princípios teóricos são apresentados 3 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	40
6	Nos princípios teóricos são apresentados 3 tópicos com organização, mas com falhas na coerência dos conteúdos ou com linguagem científica desadequada.	35
5	Nos princípios teóricos são apresentados 2 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	30
4	Nos princípios teóricos são apresentados 2 tópicos com organização, mas com falhas na coerência dos conteúdos ou com linguagem científica desadequada.	25

Anexo XII (continuação)- Critérios e descritores de correção do relatório em formato V de Gowin respeitante à atividade prática de Biologia "Dividir para multiplicar".

3	Nos princípios teóricos são apresentados 1 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	20
2	Nos princípios teóricos são apresentados 1 tópicos com organização, mas com falhas na coerência dos conteúdos ou com linguagem científica desadequada.	15
1	Nos princípios teóricos não são apresentados tópicos.	0

Tópicos

- A meiose consiste em duas divisões celulares sucessivas.
- Em cada divisão ocorrem 4 fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.
- A primeira divisão é reducional e a segunda é equacional.
- No final da meiose formam-se quatro célula haploides.

Tabela 3. Descritores de nível de desempenho- **Conceitos**

Nível	Descritores	Pontuação
3	Apresenta uma lista de conceitos enquadrados na atividade.	15
2	Apresenta uma lista de conceitos parcialmente desenquadrados da atividade.	10
1	Não apresenta procedimento.	0

Conceitos (exemplos): Meiose, prófase I, metáfase I, anáfase I, telófase I, prófase II, metáfase II, anáfase II, telófase II, cromossomas, cromátídeos-irmãos, célula haploide, célula diploide, placa equatorial, ascensão polar, *crossing over*, citocinese...

Tabela 4. Descritores de nível de desempenho- **Procedimento**

Nível	Descritores	Pontuação
4	Apresenta o procedimento completo com sequência lógica.	15
3	Apresenta o procedimento completo sem sequência lógica.	10
2	Apresenta o procedimento incompleto.	5
1	Não apresenta procedimento.	0

Tabela 5. Descritores de nível de desempenho- **Resultados**

Nível	Descritores	Pontuação
4	Nos resultados é apresentada 1 fotografia da montagem com legenda e sem erros científicos.	50

Anexo XII (continuação) - Critérios e descritores de correção do relatório em formato V de Gowin respeitante à atividade prática de Biologia "Dividir para multiplicar".

3	Nos resultados é apresentada 1 fotografia da montagem com legenda e com erros científicos.	30
2	Nos resultados é apresentada 1 fotografia da montagem sem legenda.	10
1	Não é apresentado nada nos resultados	0

Tabela 5. Descritores de nível de desempenho- **Conclusões**

Nível	Descritores	Pontuação
9	Nas conclusões são apresentados 4 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	50
8	Nas conclusões são apresentados 4 tópicos, mas sem organização coerente dos conteúdos ou linguagem científica desadequada.	45
7	Nas conclusões são apresentados 3 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	40
6	Nas conclusões são apresentados 3 tópicos, mas sem organização coerente dos conteúdos ou linguagem científica desadequada.	35
5	Nas conclusões são apresentados 2 tópicos com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	30
4	Nas conclusões são apresentados 2 tópicos, mas sem organização coerente dos conteúdos ou linguagem científica desadequada.	25
3	Nas conclusões é apresentado 1 tópico com organização coerente dos conteúdos e linguagem científica adequada.	20
2	Nas conclusões é apresentado 1 tópico, mas sem organização coerente dos conteúdos ou linguagem científica desadequada.	15
1	Nas conclusões não são apresentados tópicos.	0

Tópicos

- Responde à questão-problema formulada.
- Conclui sobre o tipo de célula representada.
- Refere o facto de as fases não serem estanques e consequentemente por vezes ser difícil distingui-las.
- Enumera as características visíveis nas fotografias que utilizou para distinguir as diferentes fases da meiose.

Atividade "Resumindo..." Proposta de correção e descritores de nível de desempenho

Nível	Descritores	Pontuação
0	Não apresenta nenhum dos tópicos. Ou Não entrega o trabalho.	0

1 - Distinguir métodos diretos de métodos indiretos. ----- 20 pontos

Nível	Descritores	Pontuação
8	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, explicando em que consiste cada um, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	20
7	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, explicando em que consiste cada um, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	18
6	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, explicando em que consiste apenas um deles, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	17
5	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, explicando em que consiste apenas um deles, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	15
4	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	14
3	Menciona os dois tipos de métodos de estudo do interior da Terra, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	12
2	Menciona apenas 1 tipo de métodos de estudo do interior da Terra, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	11
1	Menciona apenas 1 tipo de métodos de estudo do interior da Terra, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	9

2 - Referir exemplos de métodos diretos. ----- 20 pontos

Proposta de correção:

- Sondagens
- Afloramentos
- Explorações mineiras
- Vulcanismo

Nível	Descritores	Pontuação
8	Refere 4 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	20
7	Refere 4 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	18
6	Refere 3 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	17
5	Refere 3 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	15
4	Refere 2 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	14
3	Refere 2 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	12
2	Refere 1 exemplo, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	11
1	Refere 1 exemplo, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	9

3 – Referir exemplos de métodos indiretos. ----- 20 pontos

Proposta de correção:

- Geomagnetismo
- Modelos matemáticos
- Sismologia
- Planetologia **ou** astrogeologia

Nível	Descritores	Pontuação
8	Refere 4 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	20
7	Refere 4 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	18
6	Refere 3 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	17
5	Refere 3 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	15
4	Refere 2 exemplos, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	14
3	Refere 2 exemplos, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	12
2	Refere 1 exemplo, com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	11
1	Refere 1 exemplo, sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	9

4 - Descrever o modelo químico-mineralógico para a estrutura interna da Terra. ----- 20 pontos

O aluno deve enumerar as camadas, a sua composição e a profundidade **ou** espessura correspondente a cada uma de acordo com a proposta de correção de que segue.

Proposta de correção:

Camada	Composição químico-mineralógica	Profundidade / Espessura
Crusta continental	rochas graníticas	entre os 0 km e os 50/70 km
Crusta oceânica	rochas basálticas	entre os 0 km e os 10 km
Manto	ferro e magnésio (rochas peridotíticas)	entre os 70km e os 2900km
Núcleo	ferro e níquel	entre os 2900km e os 6370km

Nível	Descritores	Pontuação
6	Menciona as 3 camadas, a sua composição química e a profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	20
5	Menciona as 3 camadas, a sua composição química e a profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	19
4	Menciona as 3 camadas fazendo referência apenas à sua composição química ou à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	16
3	Menciona as 3 camadas fazendo referência apenas à sua composição química ou à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	15
2	Menciona as 3 camadas sem fazer referência à sua composição química e à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	12
1	Menciona as 3 camadas sem fazer referência à sua composição química e à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	11

- ⚠ Em cada um dos níveis apresentados na tabela anterior deverão ser descontados:**
- 3 pontos por cada camada não mencionada;
 - 2 pontos por cada camada mencionada, mas não caracterizada (com exceção do nível 1 e 2 onde esta falha já se encontra contabilizada).

Assim, no caso de faltar mencionar duas camadas serão descontados 6 pontos, 3 pontos de cada camada, não sendo o aluno penalizado pela falta de caracterização, uma vez que já é penalizado pela não menção.

5 - Descrever o modelo físico para a estrutura interna da Terra. ----- 20 pontos

O aluno deve enumerar as camadas, o comportamento físico dos materiais que as constituem e a profundidade ou espessura correspondente a cada uma de acordo com o apresentado na tabela abaixo.

Proposta de correção:

Camada	Comportamento físico	Profundidade / espessura
Litosfera	Sólido rígido	
Astenosfera	Sólido plástico	
Mesosfera	Sólido rígido	
Endosfera externa	Líquido	
Endosfera Interna	Sólido rígido	

Nível	Descritores	Pontuação
6	Menciona as 5 camadas, o seu estado físico e a profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	20
5	Menciona as 5 camadas, o seu estado físico e a profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	19
4	Menciona as 5 camadas fazendo referência apenas ao seu estado físico ou à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	16
3	Menciona as 5 camadas fazendo referência apenas ao seu estado físico ou à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	15
2	Menciona as 5 camadas sem fazer referência ao seu estado físico e à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se com organização coerente dos conteúdos e linguagem adequada.	12
1	Menciona as 5 camadas sem fazer referência ao seu estado físico e à profundidade a que se encontram. O texto apresenta-se sem organização coerente dos conteúdos e linguagem desadequada.	11

⚠ Em cada um dos níveis apresentados na tabela anterior deverão ser descontados:

- 3 pontos por cada camada não mencionada;
- 2 pontos por cada camada mencionada, mas não caracterizada (com exceção do nível 1 e 2 onde esta falha já se encontra contabilizada).

Assim, no caso de faltar mencionar duas camadas serão descontados 6 pontos, 3 pontos de cada camada, não sendo o aluno penalizado pela falta de caracterização, uma vez que já é penalizado pela não menção.