

**Universidade de Lisboa**



**Interesse pelas Ciências – Qual a influência do  
cientista na sala de aula?**

**Rui Cruz Pacheco**

**Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia**

**Relatório da Prática de Ensino Supervisionada, orientado pela Professora  
Doutora Cláudia Faria e cooperação da Professora Sandra Lobo**

**2024**

“Quando as crianças olharem para grandes cientistas da mesma forma que olham para grandes músicos e atores, a civilização dará um salto para o próximo nível.”

Brian Greene

## Agradecimentos

Na conclusão de mais uma etapa académica, é imperativa a necessidade de agradecer a diversas pessoas que tornaram possíveis dois anos de mestrado.

À Professora Cláudia Faria, pela orientação, revisão, ideias, ensinamentos e críticas, a este trabalho e à maioria daqueles que foram desenvolvidos durante o mestrado, e que marcarão a minha vida como professor.

À Professora e amiga Sandra Lobo, por tão gentilmente ter aceitado ser docente cooperante neste projeto, pela amizade, pelas aprendizagens proporcionadas, por mostrar do que ser professor é mais do que dar matéria e, acima de tudo, pela frase que serve de exemplo daquilo que acho que é o espírito da profissão: “Eu vou ser professora cooperante para aprender”.

À Doutora Ana Paula Santos, pela enorme disponibilidade e entusiasmo com que aceitou ao meu convite para participar neste projeto.

À Professora Anabela Silva, pela cuidada revisão do enquadramento científico deste relatório.

A todos os professores do Instituto de Educação e da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, envolvidos nas diversas unidades curriculares do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia, basilares para o meu crescimento como futuro docente.

A todos os colegas de mestrado, pela amizade e pelas experiências que partilharam. À Mariana e ao Francisco, amigos e colegas de reuniões, trabalhos, caminhadas e discussões sobre o futuro da Humanidade.

Ao Miguel, pelo apoio, amizade, e apadrinhamento desta caminhada no Ensino.

Aos meus pais, eternos exemplos.

À Sara, pelo amor, compreensão, companheirismo e presença.

Ao Pedro, por me fazer descrente na impossibilidade e por curar a minha síndrome de impostor.

À turma de 10.º ano, fonte da minha expectância positiva antes de cada aula, e com quem pude partilhar, além da fotossíntese, a boa disposição e a Liberdade.

## Resumo

O desenvolvimento de um país depende do seu desenvolvimento científico e este, para acontecer, precisa de cientistas. No entanto, a sociedade depara-se com um desinteresse pelas profissões científicas. Existe uma série de estereótipos negativos associados ao cientista e ao trabalho em Ciência, que dificultam a colmatação da falta de cientistas que diversos países reportam.

Das várias metodologias passíveis de ser aplicadas à comunidade escolar, para aumentar o interesse dos alunos pelas Ciências, destaca-se, neste trabalho, a visita do cientista à sala de aula. Na interação com os alunos, o profissional da Ciência tem a capacidade de mudar perspetivas e de se tornar um modelo a seguir para possíveis futuros cientistas. Paralelamente, alguns temas científicos a ser abordados em aula, como o caso da Biologia de Plantas, são pouco bem recebidos pelos alunos. Aliando estas duas questões, a prática de ensino supervisionada incluiu, numa sequência de aulas do subdomínio curricular “Obtenção de matéria por seres vivos autotróficos” (numa turma do 10.º ano de escolaridade), um momento de contacto com uma cientista, que abordou temas didáticos e questões sobre o que é ser cientista e como funciona o trabalho em Ciência.

Para avaliar o impacto da intervenção nas opiniões e crenças dos alunos sobre Ciência, cientistas e carreiras científicas, bem como na aprendizagem de conteúdos, foram realizados questionários de afinidade e de avaliação. Estes permitiram estabelecer uma comparação do panorama da turma antes e depois do contacto com a convidada.

Tratando-se de alunos de Ciências e Tecnologias, a sua perceção em relação à Ciência foi pouco influenciada pela intervenção da cientista. Por seu lado, os cientistas passaram a ser vistos mais como pessoas comuns, não obrigatoriamente génios e tendencialmente aborrecidos. Ao mesmo tempo, assistir relato realista do trabalho científico resultou numa diminuição da vontade de ingressar numa carreira científica. Ao nível das aprendizagens, verificou-se compreensão da matéria e articulação de conhecimentos.

**Palavras-chave:** interesse; Ciência; cientista; sala de aula; biologia.

## Abstract

The development of a country depends on its scientific development and this needs scientists to happen. However, society is faced with a lack of interest in scientific jobs. There are several negative stereotypes associated with scientists and work in Science, which make it difficult to fill the lack of scientists that several countries report.

Of the multiple methodologies that can be applied to the school community to increase students' interest in Science, the scientist's visit to the classroom stands out in this work. In the interaction with students, the Science professional has the ability to change perspectives and become a role model for possible future scientists. At the same time, some scientific topics, such as Plant Biology, are not well received by students. Combining these two issues, the supervised teaching practice included, in a sequence of classes of the curricular subdomain "Obtaining material by autotrophic living beings" (in a 10<sup>th</sup> grade class), a moment of contact with a scientist, who addressed didactic themes and questions about what it is to be a scientist and how Science jobs work.

To assess the impact of the intervention on students' opinions and beliefs about Science, scientists and scientific careers, as well as on learning, affinity and evaluation questionnaires were conducted. These made it possible to establish a comparison of the landscape of the class before and after the contact with the guest.

Being Science and Technology students, their perception of Science was little influenced by the scientist's intervention. Scientists, on the other hand, have come to be seen more as ordinary people, not necessarily geniuses and tending to be boring. At the same time, the contact with realistic reports of scientific work resulted in a decrease in the desire to enter a scientific career. At the level of learning, there was an understanding of the subjects and articulation of knowledge.

**Keywords:** interest; Science; scientist; biology; classroom.

## Índice

|   |      |
|---|------|
| Índice de figuras.....  | ix   |
| Índice de tabelas.....  | xi   |
| Lista de siglas e abreviaturas .....  | xii  |
| Nota introdutória.....  | xii  |
| 1. Introdução .....   | xiii |
| 2. Enquadramento teórico .....  | 2    |
| 2.1. Educação para as STEM .....  | 2    |
| 2.2. Do cientista na sala de aula à vontade de ser cientista.....                 | 4    |
| 2.3. A abordagem exploratória e investigativa de ensino e o modelo dos 5 Es ..... | 8    |
| 2.3.1. Envolvimento ( <i>engage</i> ).....  | 9    |
| 2.3.2. Exploração ( <i>explore</i> ).....   | 9    |
| 2.3.3. Explicação ( <i>explain</i> ).....   | 9    |
| 2.3.4. Elaboração ( <i>elaborate</i> ).....                                       | 10   |
| 2.3.5. Avaliação ( <i>evaluate</i> ).....   | 10   |
| 2.4. Questionários aplicados na sala de aula – vertente investigativa.....        | 11   |
| 2.5. Lecionação expositiva com interação .....                                    | 11   |
| 3. Enquadramento científico .....   | 13   |
| 3.1. A origem da fotossíntese .....   | 13   |
| 3.2. Fotoautotrofismo .....   | 13   |
| 3.3. Fotossíntese .....   | 14   |
| 3.3.1. Cloroplastos .....   | 14   |
| 3.3.2. Fase fotoquímica .....   | 15   |
| 3.3.3. Fase química.....  | 17   |
| 4. Métodos e procedimentos .....  | 20   |
| 4.1. Caracterização da escola .....   | 24   |
| 4.2. Caracterização da turma.....   | 24   |

|   |    |
|---|----|
| 4.3. Questões de natureza ética .....   | 25 |
| 5. Sequência didática.....  | 26 |
| 5.1. Aprendizagens essenciais e competências .....  | 26 |
| 5.2. O Cientista e a atividade prática em sala de aula .....  | 27 |
| 5.3. Sequência didática.....  | 27 |
| 5.4. Descrição das aulas e reflexão .....   | 29 |
| 5.4.1. Aula 1 – 20 de março de 2024 (50 minutos) .....  | 29 |
| 5.4.2. Aula 2 – 21 de março de 2024 (50 minutos) .....  | 31 |
| 5.4.3. Aulas 3, 4 e 5 – 8 de abril de 2024 (3x50 minutos, com dois intervalos de 10 minutos) .....  | 33 |
| 5.4.4. Aulas 6 e 7 – 9 de abril de 2024 (2x50 minutos, com um intervalo de 10 minutos) .....  | 35 |
| 5.4.5. Aula 8 – 10 de abril de 2024 (50 minutos).....   | 37 |
| 5.4.6. Aula 9 – 11 de abril de 2024 (50 minutos).....   | 38 |
| 5.4.7. Aulas 10, 11 e 12 – 15 de abril de 2024 (3x50 minutos, com dois intervalos de 10 minutos).....   | 39 |
| 6. Análise de resultados.....   | 42 |
| 6.1. Q1: Qual a influência do cientista sobre a perceção que os alunos têm sobre a Ciência?.....  | 42 |
| 6.1.1. As aulas de Biologia.....  | 45 |
| 6.2. Q2: Qual a influência do cientista sobre a perceção que os alunos têm sobre o que é ser cientista? .....                                     | 46 |
| 6.3. Q3: Qual a influência do cientista sobre as perspetivas dos alunos de uma carreira ligada à Ciência? .....                                   | 52 |
| 6.4. Q4: Quais as potencialidades de uma intervenção didática, com participação de um profissional da Ciência, na compreensão de conteúdos? ..... | 55 |
| 7. Reflexão global e considerações finais .....   | 58 |
| 8. Referências.....   | 65 |
| Apêndices.....  | 75 |

|  |     |
|--|-----|
| Apêndice A – Questionário de afinidade.....                          | 75  |
| Apêndice B – Questionários de avaliação diagnóstica e sumativa ..... | 78  |
| Apêndice C – Planificação de aulas .....                             | 81  |
| Apêndice D – Resultados dos questionários de afinidade .....         | 88  |
| Apêndice E – Fotoestafeta .....                                      | 91  |
| Apêndice F – Apresentação de diapositivos da aula 1 .....            | 92  |
| Apêndice G – Apresentação de diapositivos da aula 2 .....            | 98  |
| Apêndice H – Apresentação de diapositivos das aulas 6 e 7.....       | 104 |
| Apêndice I – Apresentação de diapositivos da aula 8.....             | 121 |
| Apêndice J – Apresentação de diapositivos da aula 9.....             | 125 |
| Apêndice K – Apresentação de diapositivos das aulas 10, 11 e 12..... | 138 |

## Índice de figuras

|  |      |
|--|------|
| Figura 1. Do "ser da Ciência" até ao "fazer Ciência". Representação esquemática da hierarquia que leva o indivíduo a tornar-se um cientista. ....  | xiii |
| Figura 2. "Cientista a trabalhar", desenho de um aluno do 5.º ano de escolaridade, publicado em <i>Scientists in residence program improving children's image of science</i> (Flick, 1990).....  | 5    |
| Figura 3. Representação esquemática de um cloroplasto. LEGENDA: 1- membrana exterior; 2- membrana interior; 3- estroma; 4- tilacoide; 5- <i>intergranum</i> . O grupo de tilacoides empilhados é denominado de <i>granum</i> . [Figura adaptada de Biorender.com, para fins não comerciais] .....  | 14   |
| Figura 4. Representação esquemática do espectro eletromagnético, com realce da porção de luz visível e relação entre comprimento de onda e energia (adaptado de Urry <i>et al.</i> , 2020).....  | 16   |
| Figura 5. Esquematização molecular simplificada da fase fotoquímica da fotossíntese, num tilacoide do cloroplasto (adaptado de Urry <i>et al.</i> , 2020). LEGENDA: e <sup>-</sup> - eletrão; cl – clorofila. ....   | 17   |
| Figura 6. Representação esquemática das três fases do ciclo de Calvin (adaptado de Urry <i>et al.</i> , 2020).....   | 18   |
| Figura 7. Visão geral dos resultados da atividade da construção da equação geral da fotossíntese.....  | 33   |
| Figura 8. Material e equipamento levados pela cientista convidada para a sala de aula: rebentos de arroz, sementes de arroz, extratos de algas e aparelho de medição da concentração de clorofilas (esquerda); aluno a medir concentração de clorofilas de uma das plantas, para comparação de valores entre plantas tratadas e não-tratadas com extrato de algas (direita)..... | 35   |
| Figura 9. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A Ciência é importante para a sociedade”. ....  | 43   |

- Figura 10. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A Ciência e a Tecnologia são a causa dos problemas ambientais”..... 44
- Figura 11. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são, na sua maioria, homens”..... 47
- Figura 12. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A cientistas são, na sua maioria, caucasianos (brancos)”..... 47
- Figura 13. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são aborrecidos”..... 48
- Figura 14. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são génios”..... 50
- Figura 15. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas não têm muitos amigos”..... 50
- Figura 16. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são *nerds*”..... 51
- Figura 17. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Gostava de ter um emprego ligado à Ciência”..... 53
- Figura 18. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A disciplina de Biologia apresentou-se oportunidades de carreira interessantes”..... 53

Figura 19. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os meus pais/cuidadores ficariam satisfeitos se eu fosse cientista”. ..... 54

Figura 20. Nível de concordância com a frase "Fiquei surpreendido com a descrição que a cientista fez sobre o que é trabalhar em Ciência", do questionário de afinidade pós-intervenção. .... 55

## **Índice de tabelas**

Tabela 1. Aplicação dos diferentes instrumentos de recolha de dados, integrados para a resposta às questões investigativas da prática de ensino supervisionada. .... 21

Tabela 2. Aprendizagens essenciais abordadas, durante a Prática de Ensino Supervisionada. .... 26

Tabela 3. Sequência didática e principais atividades realizadas. .... 27

Tabela 4. Comparação de resultados para 10 questões com resposta de escolha múltipla – avaliação diagnóstica realizada na primeira versus avaliação sumativa realizada na última aula. (\*Resposta com duas opções corretas; valores correspondem à seleção de cada uma das opções, individualmente.)..... 56

## Lista de siglas e abreviaturas

ADP – (molécula) Adenosina Difosfato

ATP – (molécula) Adenosina Trifosfato

DGE – Direção Geral da Educação

eSTEM – Educação para as STEM (ver sigla “STEM”)

G3P – (molécula) Gliceraldeído 3-fosfato

IeD – Investigação e Desenvolvimento

LHC – (complexo proteico; da língua inglesa) *Light-harvesting complex*

NADP<sup>+</sup> – (molécula) Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PASEO – Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória

PCAST – (da língua inglesa) *President’s Council of Advisors on Science and Technology* (Conselho Presidencial dos Consultores para a Ciência e Tecnologia [do Governo dos Estados Unidos da América])

PISA – (da língua inglesa) *Programme for International Student Assessment* (Programa para Avaliação de Alunos Internacionais)

ROSE (projeto) – (da língua inglesa) *Relevance of Science Education* (Relevância da Educação para a Ciência)

RuBP – (molécula) Ribulose Bifosfato

STEM – (da língua inglesa) *Science, Technology, Engineering e Mathematics* (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemáticas)

## Nota introdutória

No decorrer deste relatório, os termos “Ciência” e “Ciências” são usados de forma intercambiável, referindo-se ambos à definição de conjunto de conhecimentos assentes em princípios certos, com base em trabalho científico, mais concretamente, afetos às ciências biológicas e geológicas.

## 1. Introdução

O número de profissionais da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM, da língua inglesa: *Science, Technology, Engineering e Mathematics*) depende da formação superior de alunos nestas áreas. Esta depende da probabilidade de alunos do ensino superior se interessarem por cursos STEM, e esta probabilidade está correlacionada com o sucesso dos alunos em disciplinas científicas (O'Reilly e McNamara, 2007). Paralelamente, um crescente número de estudos sugere que a identidade científica<sup>1</sup> tem uma associação positiva com o sucesso científico na escola (Figura 1) (Hill *et al.*, 2018; Kim, 2018; Williams *et al.*, 2018).

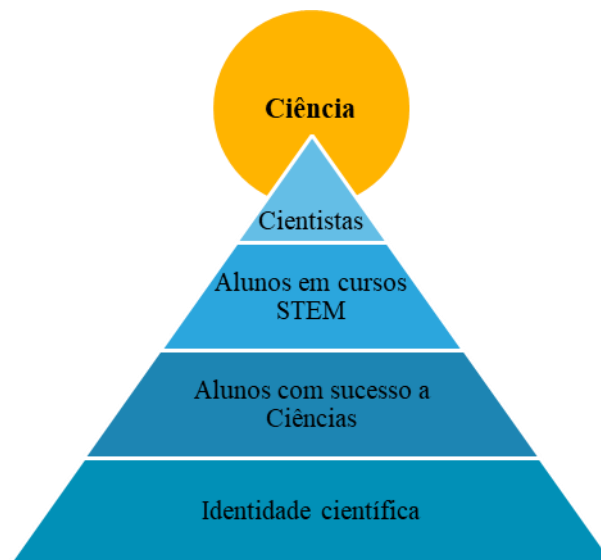


Figura 1. Do "ser da Ciência" até ao "fazer Ciência". Representação esquemática da hierarquia que leva o indivíduo a tornar-se um cientista.

No entanto, os alunos têm vindo a desenvolver fracas identidades científicas, aumentando as perceções negativas sobre a Ciência como área de estudo (Alhadabi, 2021). Na realidade, o desinteresse dos elementos mais jovens da sociedade pelas Ciências não é recente. Vários países reportam um declínio crescente do interesse dos jovens pelo estudo das Ciências e pela possibilidade de seguir uma carreira científica. Do lado académico, surgem preocupações quando as universidades registam uma descida acentuada do número de alunos em disciplinas ligadas às STEM (Gago *et al.*, 2004; Marginson *et al.*, 2013; OCDE, 2008).

---

<sup>1</sup> Identidade científica é, neste contexto, considerada como a auto percepção da pessoa se sentir uma "pessoa científica" ou "pessoa da Ciência" (Alhadabi, 2021).

A falta de interesse verificada no Ensino Superior tem paralelo em níveis mais baixos de escolaridade. Diversos trabalhos indicam que, à medida que os alunos avançam nos níveis escolares até ao Ensino Secundário, o seu interesse pelas aulas de Ciências diminui, bem como o seu desempenho (Cavallo e Lauback, 2001; CohenScali, 2003; Gibson e Chase, 2002; Ma e Wilkins, 2002).

Gago *et al.* (2004) alerta que, se estas tendências não forem tidas em consideração, o futuro poderá sofrer de uma ausência de cientistas e engenheiros, tanto para áreas de investigação científica, como noutras áreas económicas. Além disso, com a crescente importância da interdisciplinaridade em Investigação e Desenvolvimento (IeD), várias áreas de trabalho científico poderão vir a ser afetadas. Simultaneamente, a sociedade dos próximos anos pode enfrentar também uma falta de professores de Ciências que possam, justamente, preparar as bases para as necessidades de trabalhadores científicos. Assim, vemo-nos perante uma espiral descendente que necessita de ser quebrada: os alunos perdem, gradualmente, o seu interesse pelas Ciências → reduz-se o número de alunos do Ensino Superior em cursos científicos → diminui o número de profissionais formados em Ciência (IeD e professores) → os alunos não têm profissionais que lhes ensinem conteúdos de Ciências.

Da necessidade de recrutar os jovens para as carreiras científicas surge a necessidade de os atrair, enquanto alunos, para a aprendizagem de disciplinas científicas. No entanto, o ensino das Ciências depara-se com uma barreira: os preconceitos em relação à Ciência e àquilo que com ela se relaciona. Os estereótipos existentes em relação a carreiras STEM e cientistas representam uma grande influência relativamente aos interesses dos alunos por carreiras científicas (Archer *et al.*, 2013; DeWitt *et al.*, 2013; van Tuijl e van der Moler, 2016). Em países da Organização Europeia de Cooperação Económica, a maioria dos alunos vê os cientistas como pessoas que fazem trabalhos aborrecidos, desinteressantes, pouco criativos, em locais pouco agradáveis e afastados de outras pessoas (Luo *et al.*, 2021). Segundo o trabalho de Fralick *et al.*, (2008), para os alunos do Ensino Secundário, o cientista é alguém que usa óculos, bata branca e que trabalha num laboratório, rodeado de tubos de ensaio.

---

*“O arquétipo [de cientista] é excepcionalmente inteligente, ocasionalmente sábio, mas remoto, desinteressado em atividades mundanas. É um homem ligeiramente sinistro, numa bata branca, que faz maravilhas químicas tão incompreensíveis quanto a magia.”*

---

(Ward, 1977, p. 9)

A presença de um cientista na sala de aula pode ser um elemento de atuação contra o verificado desinteresse dos jovens pelas Ciências, cientistas e carreiras científicas. Vários professores relatam que a participação de um cientista em aula atuou como um modelo positivo para os alunos, dando-lhes novas perspetivas e opiniões (Trautmann *et al.*, 2002). O “cientista na sala de aula” é um modelo de abordagem que pretende levar às escolas expertise e entusiasmo pela prática da Ciência como profissão, estimulando a aprendizagem dos alunos, o seu interesse pela Ciência e as suas considerações sobre carreiras científicas (Laursen *et al.*, 2007). O desenvolvimento do interesse e entusiasmo pela Ciência, proporcionar experiências positivas com a Ciência, conhecer cientistas que servem como modelo e aprender sobre profissões científicas pode levar a que os alunos sigam a sua formação numa vertente científica, no Ensino Superior, e continuem ligados à Ciência, ao longo da sua vida (Laursen *et al.*, 2007).

A prática de ensino supervisionada centrou-se na necessidade de cativação dos alunos para a Ciência, introduzindo, numa sequência planeada de aulas, um momento de interação com alguém cuja prática profissional é científica e, com isto, estudar os efeitos desta interação na afetividade dos alunos em relação à Ciência.

A vertente didática da prática de ensino debruçou-se na lecionação da fotossíntese, seus processos e elementos intervenientes, em plantas. No aprofundamento do (des)interesse pelas Ciências, a Biologia de Plantas<sup>2</sup> apresenta-se como um nicho especialmente relegado. O ser humano é biologicamente atraído por rostos e acha, por norma, os animais mais interessantes. A “cegueira a plantas”, termo introduzido por Wandersee e Schussler (1999), refere-se à falta de apreciação e de conhecimento sobre plantas, pela população em geral. Uma apatia que começa,

---

<sup>2</sup> O termo “Biologia de Plantas” é usado em vez de Botânica, dada a generalização dos aspetos biológicos relacionados com as plantas.

frequentemente, no Ensino Básico e se mantém até ao Ensino Superior. A aparente ausência de atividade das plantas torna-as irrelevantes ou aborrecidas para os alunos, o que gera conceções erradas sobre as mesmas e dificulta a tarefa de ensinar Biologia de Plantas (Covino e Rehrig, 2023).

Assim, o projeto aqui apresentado pretendeu trabalhar perspetivas de melhoria na subida dos níveis da pirâmide apresentada na Figura 1. Por um lado, recorrer à presença de um cientista na sala de aula, como ferramenta de influência (idealmente, positiva) das perceções dos alunos sobre a Ciência. Ao mesmo tempo, usar essa intervenção como oportunidade de abordar o desafio do ensino de conteúdos relacionados com a Biologia de Plantas e organismos fotossintéticos.

A intervenção desenvolveu-se com uma turma do 10.º ano de escolaridade, numa escola do concelho de Sintra (Portugal), orientando-se segundo a questão central:

**Qual a influência do cientista na sala de aula, sobre o interesse pela Ciência, por parte dos alunos?**

Desta questão, surgem quatro subquestões, analisadas e tentativamente respondidas na secção 6. Análise :

**Q1: Qual a influência do cientista sobre a perceção que os alunos têm sobre a Ciência?**

**Q2: Qual a influência do cientista sobre a perceção que os alunos têm sobre o que é ser cientista?**

**Q3: Qual a influência do cientista sobre as perspetivas dos alunos de uma carreira ligada à Ciência?**

**Q4: Quais as potencialidades de uma intervenção didática, com participação de um profissional da Ciência, na compreensão de conteúdos?**

O presente Relatório apresenta um enquadramento teórico, onde são desenvolvidos os conceitos que baseiam a investigação realizada, seguindo-se um enquadramento da base científica sobre a qual se construiu a vertente didática das aulas da intervenção. Segue-se uma apresentação justificada de métodos e procedimentos adotados que precede uma secção que refere as aprendizagens essenciais e competências, a sequência de atividades das aulas e uma descrição reflexiva de cada aula. Posteriormente, apresentam-se os resultados obtidos, e respetiva análise, que servem de base para uma seguinte reflexão global e considerações finais.

São apresentadas referências bibliográficas e diversos apêndices de suporte ao trabalho.

## **2. Enquadramento teórico**

O tema do presente trabalho centra-se na intervenção de um elemento exterior ao que pode ser considerado o funcionamento típico de uma aula da turma com a qual se realizou a intervenção: alunos e professor, na sala de aula. A vertente investigativa pretende, sumariamente, conceber uma visão das mudanças que podem ser geradas, sobre os alunos, pelo contacto com um cientista, na sala de aula. Neste sentido, a componente letiva didática realizada pelo docente estagiário não tem uma relação direta com a participação do convidado externo. O pretendido era, precisamente, que o profissional trouxesse para a turma uma visão, metodologia e interação distintas daquilo a que os alunos já estão habituados.

Assim, os subcapítulos desta secção abordam os tópicos da educação para as STEM, interação cientista-alunos, em sala de aula, e os modelos de ensino que serviram de base para a sequência de aulas.

### **2.1. Educação para as STEM**

A definição de STEM, associada à educação, varia consoante os autores e suas interpretações, e considera diferentes abordagens. A variação verifica-se, também, dependendo do nível de ensino em questão: para o 2.º ciclo, refere-se à vertente curricular de Matemática e Ciência, mas para níveis de ensino superiores, nomeadamente no Ensino Secundário, as disciplinas associadas às STEM podem tornar-se opcionais e/ou especializar-se em determinados subtópicos, o que gera diferentes resultados e experiências educacionais (Xie e Shauman, 2003). Neste trabalho, refere-se a educação para as STEM (eSTEM) num sentido lato, como a abordagem de conteúdos, disciplinas e atividades que abordam as ciências, tecnologias, engenharias e matemática (English, 2016).

Apesar das diferenças conceptuais relativas à eSTEM, é unânime a positiva importância que lhe é dada. Do ponto de vista pessoal, ter acesso à eSTEM é ter acesso a um elevador social individual, que permite indivíduos em desvantagem social ser bem sucedidos, na medida em que, de um ponto de vista universalista, o sucesso como profissional das STEM é independente de fatores como género, etnia

ou religião (Xie e Killewald, 2012; Xie *et al.*, 2015)<sup>3</sup>. Numa perspetiva social, a educação em Ciência é uma necessidade basal para uma sociedade moderna, civilizada e economicamente florescente. Na realidade, o crescimento económico de um país depende das capacidades científicas e técnicas da sua força de trabalho, e estas capacidades dependem do nível do ensino científico e técnico (Drori, 1998). Nos Estados Unidos da América, por exemplo, vários autores atribuem o estatuto de liderança mundial aos avanços feitos na Ciência e Tecnologia (Xie e Killewald, 2012) e, nas indústrias ligadas às STEM, verifica-se um crescimento mais rápido do que em todos os outros setores económicos (Bacovic, *et al.*, 2022). Paralelamente, em 35 países europeus, verifica-se uma associação positiva entre o crescimento da produtividade e as capacidades e investimentos feitos nas STEM (Bacovic *et al.*, 2022). Esta associação entre trabalhos STEM e economia é, por sua vez, associável a estudantes de STEM. À medida que o seu número aumenta, aumentam o Produto Interno Bruto *per capita* e as patentes aprovadas por milhão de habitantes (Ray, 2015). Para a manutenção deste desejável crescimento, é necessária a eSTEM; apesar de indivíduos com formação científica enveredarem, muitas vezes, por carreiras não científicas, é mais difícil para alguém sem eSTEM seguir uma carreira STEM (Xie *et al.*, 2015).

Apesar do papel que a eSTEM tem na fundação das sociedades modernas, os países desenvolvidos enfrentam uma série de desafios. Na Europa, o aumento do investimento na educação não se traduziu num aumento de pessoas formadas em cursos científicos e técnicos, pelo contrário (Bacovic *et al.*, 2022). A qualidade da educação nas últimas duas décadas também não melhorou, a julgar pelos resultados do Programa para Avaliação de Alunos Internacionais (PISA, do inglês *Programme for International Student Assessment*). Simultaneamente, há uma mobilização do número de alunos de cursos STEM para cursos ligados à Economia e Direito, mas estas áreas não apresentam a mesma relação positiva com o crescimento económico. Inclusive, o investimento em IeD, necessário para o desenvolvimento civilizacional, está associado a formados em áreas STEM (Bacovic *et al.*, 2022).

Se, como refere Becker (1994), o crescimento contínuo de rendimentos é resultado de um aumento na educação dos trabalhadores, e a produção de bens está

---

<sup>3</sup> O autor deste trabalho considera que esta visão meritocrática é uma representação utópica do percurso profissional em Ciência e que carece de uma análise que exigiria uma nova discussão, que não se integra no âmbito deste relatório e dos seus objetivos investigativos.

associada à aplicação sistemática de conhecimento científico, então terá de haver um crescimento da valorização da educação, nomeadamente, de cientistas. Face ao declínio da eSTEM, há uma urgência na melhoria do ensino das Ciências (e disciplinas associadas às STEM) para enfrentar futuros desafios sociais e económicos (English, 2016). Ensinar STEM é, então, essencial para responder à crescente necessidade de profissionais das Ciências, e deve assentar na criação de experiências que permitam aos alunos desenvolver as suas capacidades científicas. Estas experiências devem incluir a resolução de problemas, raciocínio lógico e participação em atividades de investigação (Martín-Páez *et al.*, 2019). Neste tópico, colocar os alunos em contacto com a investigação pode começar por colocar os alunos em contacto com um cientista, nas suas salas de aula.

## 2.2. Do cientista na sala de aula à vontade de ser cientista

Como referido na “1. Introdução”, os preconceitos que os alunos têm sobre os cientistas e as carreiras científicas podem influenciar o seu eventual percurso futuro, nomeadamente numa sociedade que carece de profissionais em áreas de IeD científica.

A Figura 2, apresentada no trabalho de Flick, publicado em 1990, é o desenho de um aluno do 5.º ano de escolaridade, representando um cientista a trabalhar, antes da sua participação num programa que envolvia a interação com cientistas. Esta visão da figura do cientista, com mais de três décadas, revela perceções dos alunos muito idênticas àquelas que foram reportadas cerca de 40 anos antes, por Mead e Metraux (1957). Em 2009, Pickett refere que a maioria das crianças vê o cientista como um homem branco, com bata branca, cabelo desgrenhado, óculos e ar mal lavado. Já nos adultos, há a ideia de que o profissional de Ciência é um homem inteligente e trabalhador, mas excêntrico, viciado em trabalho, isolado no seu laboratório. Jarreau, em 2019, mantém que o estereótipo<sup>4</sup> de cientista é um homem de cabelo branco, *nerd*<sup>5</sup>, altamente inteligente, mas estranho e antissocial, altamente competente, mas pouco afável ou amigável. Luo *et al.*, em 2021, apresenta o cientista

---

<sup>4</sup> Definido por Matsumoto (2009) como a crença sobre-generalizada, normalmente de conotação negativa, relativa a um grupo de pessoas.

<sup>5</sup> De origem inglesa, o termo identifica alguém que “tem comportamento considerado pouco social e parece interessar-se geralmente apenas por assuntos técnicos ou científicos” (Priberam, 2023b).

como alguém aborrecido, fazendo um trabalho desinteressante, num local pouco agradável, e isolado.

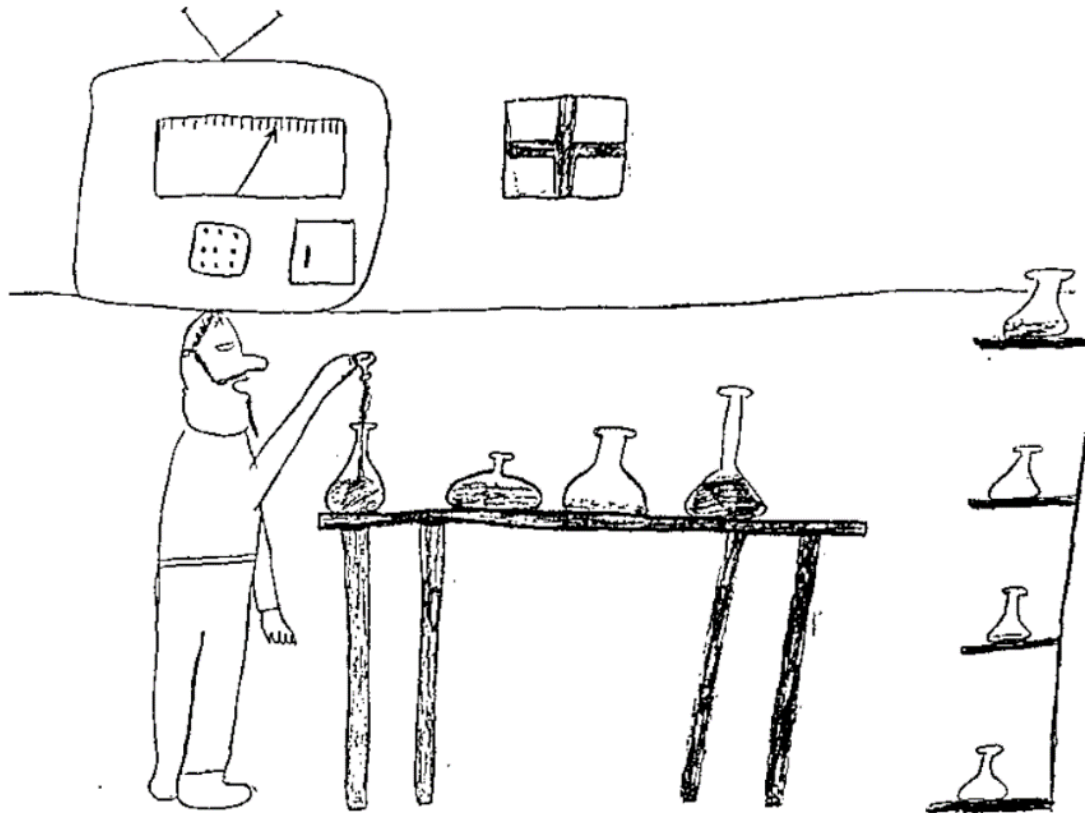


Figura 2. "Cientista a trabalhar", desenho de um aluno do 5.º ano de escolaridade, publicado em *Scientists in residence program improving children's image of science* (Flick, 1990).

Estamos, assim, perante cerca de sete décadas em que a imagem do cientista pouco se alterou. Uma imagem que, sendo generalizadamente negativa, tem uma influência negativa no interesse em carreiras nas STEM (Archer *et al.*, 2012, DWitt *et al.*, 2003, van Tuijl e van der Molder, 2016).

Tanto educadores como investigadores registam uma diminuição do interesse dos alunos por profissões ligadas às STEM, à medida que avançam na escolaridade (Osborne *et al.*, 2003). Além disso, os alunos apresentam, também, um conhecimento reduzido daquilo que são as carreiras científicas e o que é requerido para nelas entrar (Blotnicky *et al.*, 2018).

A vontade de seguir uma carreira ligada às STEM não é exclusivamente dependente da visão dos alunos sobre as mesmas. O contexto familiar, as amizades, os professores e a influência dos meios de comunicação social têm um papel na

perceção dos alunos sobre o que é ser cientista (Fralick *et al.*, 2008). No entanto, ver os cientistas como *geeks*<sup>6</sup> e pessoas exageradamente focadas no seu trabalho leva a que os jovens excluam a Ciência como um caminho profissional a seguir, no futuro. Ser cientista é visto como uma profissão de especialidade, o que resulta em pensamentos de “isto não é para mim” (Archer *et al.*, 2013 e DeWitt *et al.*, 2013). O problema adensa-se quando se reconhece um aumento da importância do conhecimento científico para o desenvolvimento económico dos países, que evolui paralelamente a uma crescente ignorância científica da população e uma descida do interesse em estudar Ciência (Durant *et al.*, 1989; Osborne *et al.*, 2003).

A opinião de vários autores é resumida numa afirmação: os estereótipos dos alunos sobre as STEM são um problema que tem de ser resolvido (van Tuijl e van der Moler, 2016). Inclusivamente, as próprias instituições de investigação têm sido chamadas à ação, e à comunidade científica pedido que seja elemento ativo em reformas na educação, nomeadamente para o ensino da Ciência, através do estabelecimento de parcerias com escolas do ensino básico e secundário (Boyer, 1996, e Colwell e Kelly, 1999). Há a necessidade de ter cientistas responsáveis pelo desenvolvimento de materiais de ensino e aprendizagem, servindo como recursos e parceiros dos alunos, mas também dos professores, escolas e direções (Bybee e Morrow, 1998). Já em 1993, Bruce Alberts, antigo presidente da Academia Nacional de Ciência dos Estados Unidos da América, referia que as associações entre cientistas e escolas são uma “importante prioridade nacional” (Andrews *et al.*, 2005).

Como referido, existe uma diversidade de fatores contribuintes para o desinteresse dos alunos pela Ciência e carreiras científicas, no entanto, uma das razões concretas poderá ser a falta de exemplos práticos de cientistas, do seu trabalho e da sua importância para a sociedade, face aos jovens (Holubec *et al.*, 2007). De facto, vários estudos indicam que as interações entre alunos e cientistas, facilitadas por professores, têm efeitos positivos nas atitudes dos alunos face à Ciência (Bruce *et al.*, 1997; Fougere, 1998; Turner e Lapan, 2004). É nesse pressuposto que assenta o trabalho desenvolvido junto da turma-alvo.

O cientista que visita a sala de aula leva aos alunos (potenciais futuros cientistas) ciência autêntica. Os jovens aprendem Ciência a partir dos próprios

---

<sup>6</sup> De origem inglesa, o termo refere-se àquele que “tem grande interesse por uma área específica, geralmente com comportamento considerado pouco social” (Priberam, 2023a).

profissionais e, quando envolvidos em atividades experimentais por eles orientadas, sentem que estão a participar ativamente em “ciência a sério”, enquanto ganham uma visão mais concreta da profissão científica (Fougere, 1998). A interação entre estudantes e profissional da ciência tem a capacidade de melhorar o interesse e envolvimento dos alunos com todo o tipo de capacidades, nas aulas. Enquanto muitos estereótipos são quebrados, os alunos adquirem também uma maior compreensão de conceitos científicos e da sua importância (PCAST, 2010; Laursen *et al.*, 2007). O desenvolvimento de atitudes positivas e a vivência de experiências positivas com a Ciência correlaciona-se positivamente com a escolha de cursos e carreiras científicas (Bruce *et al.*, 1997). No seu trabalho, McKeown (2003), refere que “se os estudantes conseguirem entender a ligação entre a Ciência que estudam na sala de aula e o mundo em que vivem, estão mais motivados e têm melhores atitudes face à Ciência. Uma melhor atitude está frequentemente associada a um melhor desempenho” (p. 873). Além disso, uma atitude positiva determina, também, aprendizagens duradouras e escolhas de carreira (Bruce *et al.*, 1997). Simultaneamente, estas visitas podem também servir como momento de desenvolvimento profissional do docente, gerando momentos em que o professor pode aprender novos conteúdos e novas formas de ensinar (Fitzakerley *et al.*, 2017; Laursen *et al.*, 2007).

Não obstante a popularidade desta abordagem, os efeitos positivos da presença do cientista na sala de aula não são facilmente quantificáveis. Tanto profissionais da ciência como professores relatam esses momentos de contacto de forma entusiasta (Roberts, 1994; Koehler *et al.*, 1999; Swim, 1999), mas a maioria da literatura sobre a temática consiste essencialmente em descrições de programas de interação, com informações que visam a melhoria dos eventos, mas sem apresentarem provas com base metodológica dos seus benefícios (Laurser *et al.*, 2007). Os objetivos finais das interações cientista-alunos, sendo atingidos, sê-lo-ão a longo prazo. A visita de um cientista pode mudar os desenhos de alunos do 5.º ano, mas só vários anos mais tarde será possível perceber os impactos nos ingressos em cursos e carreiras STEM. Os efeitos imediatos são, essencialmente, afetivos, quando comparados com estratégias alternativas como a reestruturação curricular ou a formação profissional do professor (Laursen *et al.*, 2007), ao passo que resultados concretos, como a melhoria do uso de equipamentos de laboratório e da performance

nas aulas de Biologia, são fruto de trabalhos mais intensivos ou de implementação a longo prazo (Knox *et al.*, 2003; Markowitz, 2004).

### **2.3. A abordagem exploratória e investigativa de ensino e o modelo dos 5 Es**

Nos anos 50 e 60 do século XX, os responsáveis pelo ensino passaram a adotar metodologias baseadas numa abordagem exploratória e investigativa (IBSE, do inglês, *Inquiry-based Science Education*), abandonando uma visão da Ciência que a apresentava como conjuntos de factos que os alunos deveriam aprender através da memorização e instrução direta (Duran e Duran, 2004). Atualmente, aulas baseadas no IBSE são recomendadas e tidas como de especial relevo para a aprendizagem, uma vez que o *inquiry* encoraja os alunos a descobrir e construir a informação por si próprios, sem que o docente seja fonte exclusiva de informação (Uno, 2002). Os alunos são levados a fazer observações, colocar questões, recolher informações de diversas fontes, desenhar planos de investigação, rever conhecimentos prévios, recolher, analisar e interpretar dados, propor respostas justificadas e apresentar os seus resultados (NRC, 1996), e as evidências sugerem que este tipo de abordagem ao ensino das Ciências é benéfico para alunos de várias idades e resulta numa aprendizagem efetiva (Duran e Duran, 2004).

Apesar da preparação, construção e implementação de aulas baseadas em *inquiry* poder ser um desafio para alguns professores, existem abordagens que podem facilitar esse processo, nomeadamente a aprendizagem cíclica, que divide o processo de ensino com base nas teorias construtivistas da natureza da Ciência e da forma como os alunos aprendem (Piaget, 1970). O modelo dos 5Es é uma dessas metodologias cíclicas. Proposto por Bybee e Landes (1990), este modelo baseia-se na psicologia cognitiva, na teoria construtivista da aprendizagem, e nas melhores práticas para o ensino de Ciências, dividindo-se em diferentes fases: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (do inglês, respetivamente: *engage, explore, explain, elaborate, e evaluate*). Com esta abordagem, os alunos são capazes de redefinir, reorganizar, desenvolver e, possivelmente, mudar os seus conceitos iniciais, através da reflexão e interação com pares e o que os rodeia. Da perspetiva do docente, o modelo pode ser usado para organizar uma sequência de aulas, aulas individuais ou planos anuais (Bybee, 1997).

### **2.3.1. Envolvimento (*engage*)**

Trata-se de uma fase introdutória em que o docente apresenta um problema ou questão à qual, apesar de presente num contexto familiar, o aluno não consegue explicar de forma completa com base nos seus conhecimentos prévios. Os alunos são encorajados a rever conhecimentos relevantes que possam aplicar na situação do problema, o que pode facilitar a integração de novas informações (Hattan *et al.*, 2015). A literatura sugere que a aprendizagem depende, em grande parte, do recurso a aprendizagens anteriores sob as quais possam ser contruídas novas (Ruiz-Martín e Bybee, 2022). Para isto, o professor pode fazer questões que ativem a memória dos alunos e lhes dê contexto importante que possam integrar para gerar novo conhecimento (Wetzels *et al.*, 2011). Assim, esta fase não é usada para apresentar definições ou explicações, mas como momento que motiva os alunos para que sejam eles a querer encontrar respostas para aquilo que (ainda) desconhecem (Duran e Duran, 2004).

### **2.3.2. Exploração (*explore*)**

Após despertar o interesse dos alunos, a fase de exploração promove o seu foco cognitivo. Através da observação, questionamento, investigação, colocação de hipóteses e comunicação, desenvolvem capacidades e conceitos relacionados com a atividade baseada em *inquiry*. O docente coloca-se no papel de facilitador, guiando e orientando os processos de pensamento da sua turma. Após a ativação de conhecimentos prévios, no momento de envolvimento, com a exploração prevê-se o estabelecimento de uma relação entre estes e nova informação a ser aprendida. Esta fase assenta no pressuposto de que a aprendizagem e memorização são melhores quando os indivíduos pensam sobre aquilo que estão a aprender, relativamente ao seu significado e ao estabelecimento de relações significativas, entre diferentes informações. Neste sentido, a exploração dá também espaço aos alunos para reformular as suas ideias e explicações, à medida que fazem novas observações, enquanto permite, também, o desenvolvimento de relações colaborativas entre colegas (Duran e Duran, 2004; Ruiz-Martín e Bybee, 2022).

### **2.3.3. Explicação (*explain*)**

Na explicação, o professor passa a ter espaço para formalizar conceitos e ajudar os alunos a organizar os novos conhecimentos que foram adquirindo na fase

anterior. A forma como aprendem e aplicam conhecimentos depende da forma como os organizam, e a orientação do docente torna-se essencial (Ambrose *et al.*, 2010; Ruiz-Martín e Bybee, 2022). No entanto, antes de tudo, os alunos devem ter a oportunidade de apresentar as suas ideias e explicações, perante questões do professor. Assim, este apercebe-se do desenvolvimento de conteúdos realizado, e usa essa informação para clarificar possíveis erros (Duran e Duran, 2004).

#### **2.3.4. Elaboração (*elaborate*)**

Com a elaboração, os alunos têm oportunidade de aplicar os novos conhecimentos, adquiridos nas fases anteriores, reforçando as novas capacidades. A interação entre pares e o desenho de novas experiências, baseadas nos novos conceitos, permite que os alunos aprofundem e expandam aquilo que sabem (Duran e Duran, 2004). Esta expansão da aplicação de conhecimentos promove uma melhor compreensão de conceitos e o desenvolvimento de uma representação flexível do conhecimento (Kimball e Holyoak, 2000). Aqui, o papel do professor passa por garantir que os alunos são confrontados com múltiplos contextos de aplicabilidade de conceitos. O docente pode, por exemplo, colocar várias questões relativas ao mesmo tema o que, com o devido retorno, fomenta a reflexão por parte dos alunos e aumenta as hipóteses de transferir conhecimentos para novas situações (Pan e Rickard, 2018; Ruiz-Martín e Bybee, 2022).

#### **2.3.5. Avaliação (*evaluate*)**

Trata-se da fase em que se verifica se os alunos adquiriram os conhecimentos e capacidades previstos, através de atividades que desafiam a sua compreensão. Podendo ser usada como fonte de informação para as classificações académicas atribuídas pelo docente, recomenda-se, todavia, que a avaliação seja aplicada ao longo de toda a sequência de aprendizagem, nomeadamente numa vertente formativa, importante no ensino baseado em *inquiry* (Duran e Duran, 2004; Ruiz-Martín e Bybee, 2022; William, 2011). Esta fase serve também para o aluno avaliar a sua própria compreensão sobre os conceitos abordados, considerando que as atividades avaliativas são desenhadas tendo em vista a promoção da aprendizagem e compreensão do aluno (e não apenas como fonte de um resultado sumativo a ser usado pelo professor) (Ruiz-Martín e Bybee, 2022). Do ponto de vista cognitivo, a

avaliação é também uma oportunidade para fortalecer a aprendizagem, através do recurso a memórias de longo-prazo (Rowland, 2014).

## **2.4. Questionários aplicados na sala de aula – vertente investigativa**

Apesar das potencialidades que as visitas de um cientista à sala de aula apresentam, o seu impacto nos alunos é pouco presente na literatura, nomeadamente naquela dedicada à educação e avaliação. Nos Estados Unidos da América, por exemplo, a maioria dos momentos de *outreach* de instituições de investigação corresponde a visitas a salas de aula. Estas visitas, no entanto, carecem de monitorização e avaliação (Fitzakerley *et al.*, 2017; Laursen *et al.*, 2007). Apesar da sua popularidade junto de alunos e professores, os efeitos positivos do cientista na sala de aula são também pouco reportados. A maioria das publicações consiste na descrição de programas de interação e aconselhamento para o desenvolvimento dos mesmos, não apresentando, no entanto, evidências comprovadas do seu sucesso (Laursen *et al.*, 2007). Não almejando apresentar resultados conclusivos sobre a influência do cientista na sala de aula, o presente trabalho baseia-se na análise de questionários, instrumentos que, devidamente adaptados, poderão ser usados em avaliações futuras.

## **2.5. Lecionação expositiva com interação**

Moore (2008, como citado por Mirasi *et al.*, 2013) caracteriza o método de ensino expositivo com interação como uma apresentação de ideias e informação significativa e efetiva, por parte do professor. Este apercebe-se da compreensão dos alunos fazendo-lhes questões sobre a matéria dada. Apesar de ser uma opção letiva muitas vezes desencorajada, o questionamento inerente e o retorno que os alunos recebem faz com que haja um processamento mais aprofundado dos conteúdos e um armazenamento de informação de forma mais facilmente relembável. O envolvimento com os alunos aumenta a sua atenção para que possam usar os conteúdos apresentados de forma mais metacognitiva, enquanto disponibiliza tempo para alocar o seu processamento cognitivo em aspetos que têm mais dificuldades em compreender (Clark e Mayer, 2008). Adicionalmente, a aprendizagem baseada em exposição aparenta resultar num melhor desempenho em situações em que o tempo é limitado, quando em comparação com uma aprendizagem baseada na descoberta (Swaak *et al.*, 2004). Paralelamente, o presente trabalho pretende, além de ensinar,

tornar a Ciência atrativa para os jovens. Neste sentido, o trabalho de Nwagbo (2006) mostra resultados em que de um ensino expositivo decorreu uma mudança de atitude positiva, no ensino da Biologia, em oposição a um ensino mais explorativo.

A interação com os alunos, nomeadamente através da frequente colocação de questões, apresenta-se como uma forma de dar ao professor informação sobre os conhecimentos e lacunas dos alunos, permitindo a modificação das práticas em sala de aula e resultando numa participação mais ativa dos alunos, assim que percebem que a sua aprendizagem depende menos da sua capacidade de chegar a uma resposta correta e mais na sua capacidade de se expressar e discutir a sua compreensão. De forma informal, constituem-se elementos de avaliação formativa que fornecem, a alunos e docentes, informação que pode ser usada para alterar a forma como a aprendizagem e o ensino estão a ser feitos (Black e William, 2005).

Nesta prática de ensino supervisionada, a lecionação expositiva, assente numa constante interação com a turma, foi uma ferramenta que permitiu a gestão de circunstâncias de restrição temporal, apatia face a conteúdos sobre plantas e complexidade/dificuldade dos conteúdos a lecionar. Simultaneamente, considerando o objetivo de estudar a afetação de um momento concreto de contacto com os alunos (a intervenção do profissional da Ciência), a exposição interativa, aproximada ao estilo de ensino da docente cooperante, permitiu que as aulas do professor estagiário se apresentassem como um elemento relativamente neutro no trabalho investigativo.

### 3. Enquadramento científico

Seguidamente, desenvolvem-se os conteúdos científicos abordados na intervenção com a turma, afetos ao subdomínio didático “Obtenção de matéria pelos seres vivos autotróficos”, nomeadamente, fotoautotrofismo, fotossíntese, componentes celulares envolvidos no processo, fases fotoquímica e química da fotossíntese, e seus intervenientes químicos.

#### 3.1. A origem da fotossíntese

Há cerca de 3,6 mil milhões de anos, os primeiros organismos fotossintéticos terão começado a fixar o carbono atmosférico, sem produzirem oxigénio. Para isso, recorriam a compostos químicos doadores de eletrões (amónia, ácidos orgânicos, entre outros) comuns no meio aquático. Há aproximadamente 3 mil milhões de anos, microrganismos semelhantes a cianobactérias começaram a recorrer à molécula da água ( $H_2O$ ) como fonte de prótons e eletrões para a redução do dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e produção de hidratos de carbono e, graças a esta inovação biológica, 700 milhões de anos mais tarde começaram a surgir os primeiros vestígios de oxigénio molecular ( $O_2$ ) na atmosfera. Com isto, as concentrações de  $O_2$  chegariam aos atuais 20% e, nesse percurso, as interações entre átomos e moléculas de oxigénio levaram à formação da camada de ozono (Messinger e Shevela, 2011).

Atualmente, praticamente toda a vida no planeta Terra depende, direta ou indiretamente, da fotossíntese oxigénica, sendo a espécie humana exemplo último. Usamos as plantas na alimentação (direta, ou sendo as plantas base da alimentação dos animais que ingerimos), respiramos oxigénio, usamos a sua biomassa como fonte de energia e material de construção (Messinger e Shevela, 2011; Stirbet *et al.*, 2020).

#### 3.2. Fotoautotrofismo

Um organismo com a capacidade de gerar o seu próprio alimento, sem ingerir algo derivado de outros seres vivos, é denominado de autotrófico (originário do grego, *auto* – próprio, e *trophos* – que se alimenta). Este tipo de organismos produz matéria orgânica a partir de dióxido de carbono e compostos inorgânicos que obtém do ambiente em que se encontra, sendo a base dos compostos orgânicos dos organismos não-autotróficos. São, por isso, considerados organismos produtores (Singh *et al.*, 2022; Urry *et al.*, 2020).

Algas multicelulares, protistas unicelulares, cianobactérias e outros procariotas são alguns dos organismos com capacidade de fotoautotrofismo, no entanto, as plantas são o exemplo usado neste domínio didático. Autotróficas na sua maioria, usam a luz como fonte de energia para síntese de matéria orgânica denominando-se, por isso, de fotoautotróficas (Urry *et al.*, 2020).

### 3.3. Fotossíntese

Na fotossíntese, o organismo recorre à energia luminosa para sintetizar compostos orgânicos. Isto é possível devido a enzimas fotossintéticas e outras moléculas agrupadas em complexos moleculares especializados, que permitem que ocorram uma série de reações químicas concretas. O centro físico da fotossíntese, nas plantas, é um organelo celular membranado, denominado “cloroplasto” (Urry *et al.*, 2020).

#### 3.3.1. Cloroplastos

Presentes em todas as partes verdes de uma planta, os cloroplastos concentram-se maioritariamente nas folhas, onde ocorre a maior parte da fotossíntese da planta. Presentes, principalmente, em células do tecido interior das folhas, o mesófilo, cada uma contendo de 40 a 100 cloroplastos. O organelo (Figura 3) é delimitado por duas membranas que encerram o estroma, um fluido denso onde se encontram sistemas membranares denominados de “tilacoides”, organizados em colunas (*granum*). É nas membranas dos tilacoides que se encontram os pigmentos fotossintéticos que conferem cor às folhas, nomeadamente as clorofilas (Urry *et al.*, 2020).

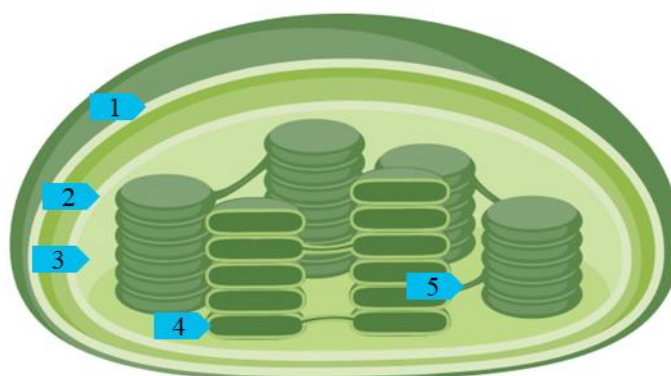
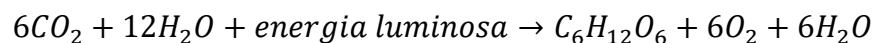


Figura 3. Representação esquemática de um cloroplasto. LEGENDA: 1- membrana exterior; 2- membrana interior; 3- estroma; 4- tilacoide; 5- *intergranum*. O grupo de tilacoides empilhados é denominado de *granum*. [Figura adaptada de Biorender.com, para fins não comerciais]

### **Pigmentos fotossintéticos**

Nos cloroplastos, existem pigmentos com capacidade de absorver a luz de diferentes espectros: a clorofila *a* (reflete a cor verde-amarelado), a clorofila *b* (reflete verde-azulado), os carotenos (laranja) e as xantofilas (amarelo). Dadas as cores dos pigmentos mais comuns, as clorofilas, é possível deduzir que as luzes violeta-azulada e vermelha funcionam melhor para a fotossíntese, uma vez que são absorvidas. De facto, estas cores constituem o espectro de ação da fotossíntese, verificando-se, sob elas, um maior consumo de dióxido de carbono e maior produção de oxigénio molecular (Urry *et al.*, 2020).

Apesar de resultar de um conjunto de complexas reações, que ocorrem em série, a fotossíntese pode ser condensada numa reação em que, usando a energia luminosa, a planta gera moléculas orgânicas, como a glucose, açúcares e amido, a partir de dióxido de carbono e água, libertando oxigénio molecular, seguindo a seguinte equação (Stirbet *et al.*, 2020):



Contudo, esta equação serve apenas como uma simplificação daquilo que é um conjunto de complexos processos, que ocorrem em duas fases: fotoquímica e química.

#### **3.3.2. Fase fotoquímica**

Nesta fase, dependente da luz, a energia luminosa é convertida em energia química. A luz visível abrange uma gama de comprimentos de onda do espectro eletromagnético entre os 380 nm e os 740 nm (Figura 4), contudo, em certos aspetos, comporta-se como consistindo em partículas chamadas “fotões”. Estes contêm uma quantidade fixa de energia, inversamente relacionada com o comprimento de onda associado (quanto maior o comprimento de onda, menor a energia do fotão). Estes fotões, vindos do Sol, atravessam a camada do ozono e interagem com os pigmentos fotossintéticos dos organismos fotossintéticos (Sliney, 2016; Urry *et al.*, 2020). No entanto, nem todo o espectro da luz visível é útil para esta transformação.

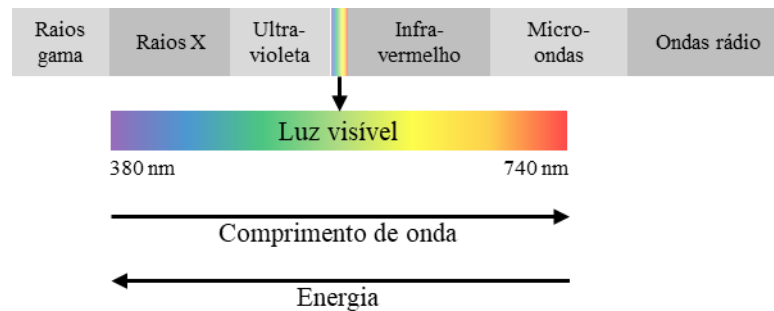


Figura 4. Representação esquemática do espectro eletromagnético, com realce da porção de luz visível e relação entre comprimento de onda e energia (adaptado de Urry *et al.*, 2020).

Em complexos proteicos coletores de luz (LHC, do inglês, *light-harvesting complexes*), os pigmentos fotossintéticos, nomeadamente as clorofilas, absorvem os fótons, o que resulta na excitação dos seus eletrões para níveis energéticos superiores. Mas os fótons absorvidos são apenas aqueles que correspondem a uma gama concreta do espectro, sendo os restantes refletidos. Assim, no caso das clorofilas, a cor que lhes é associada, o verde, corresponde ao comprimento de onda (e respetivos fótons) refletidos. Atribui-se, então, aos pigmentos, um espectro de absorção (variável entre pigmentos), dentro do qual a taxa fotossintética é maior (Messinger e Shevela, 2011; Urry *et al.*, 2020). Este espectro foi inicialmente estudado por Theodor Engelmann, em 1883, quando sujeitou uma alga filamentosa a luz fracionada, num meio com bactérias dependentes de  $O_2$ . Ao microscópio, verificou que, ao fim de algum tempo, os microrganismos se haviam deslocado para regiões próximas da parte da alga iluminada com as luzes violeta-azulado e laranja-avermelhado. Concluiu que estas cores corresponderiam aos comprimentos de onda que seriam mais efetivos para a ocorrência da fotossíntese, precisamente porque o oxigénio molecular é um subproduto da fase fotoquímica (Hangarter e Gest, 2004).

Nas membranas dos tilacoides encontram-se os fotossistemas: complexos proteicos constituídos por um centro de reação e por LHCs, e nestes locais que a absorção de fótons excita os eletrões dos pigmentos fotossintéticos (nomeadamente, a clorofila). O estado excitado é, contudo, instável e os eletrões, ao voltarem para a sua orbital inicial, são transferidos para uma molécula aceitadora de eletrões e a clorofila que perde o eletrão passa a um estado oxidado. Este é o primeiro passo de um movimento de eletrões que acontece nos tilacoides, e que resulta na síntese de NADPH (Urry *et al.*, 2020). No fotossistema II (Figura 5), a oxidação das clorofilas é acompanhada pela oxidação da água (como reagente da equação geral da fotossíntese), que resulta em oxigénio e dois iões  $H^+$  e na libertação de eletrões que

restabelecem a neutralidade dos pigmentos previamente oxidados. Os prótons são libertados para o interior do tilacoide e os átomos de oxigénio combinam-se para formar  $O_2$ . O eletrão inicialmente libertado é transportado até ao fotossistema I através de uma cadeia de transporte de eletrões, um conjunto de proteínas associadas à membrana dos tilacoides, na qual os eletrões passam através de uma série de reações de oxidação-redução (Ahmad *et al.*, 2023; Messinger e Shevela, 2011; Urry *et al.*, 2020). Ao mesmo tempo, a energia resultante da movimentação de eletrões é usada para o bombeamento de  $H^+$  para o interior dos tilacoides, gerando um gradiente de prótons entre a membrana desta estrutura – o gradiente transtilacoidal de prótons. Os iões  $H^+$  difundem, entretanto, do interior do tilacoide para o estroma através da enzima ATP sintase, ativando-a e promovendo a fosforilação de ADP em ATP. No fotossistema I, ocorre uma nova excitação de clorofilas, promovida pela luz, e uma nova movimentação de eletrões que são recrutados para a redução de  $NADP^+$  em NADPH, por ação da enzima  $NADP^+$  redutase (Messinger e Shevela, 2011; Urry *et al.*, 2020). O ATP e o NADPH serão, posteriormente, usados na fase química da fotossíntese.

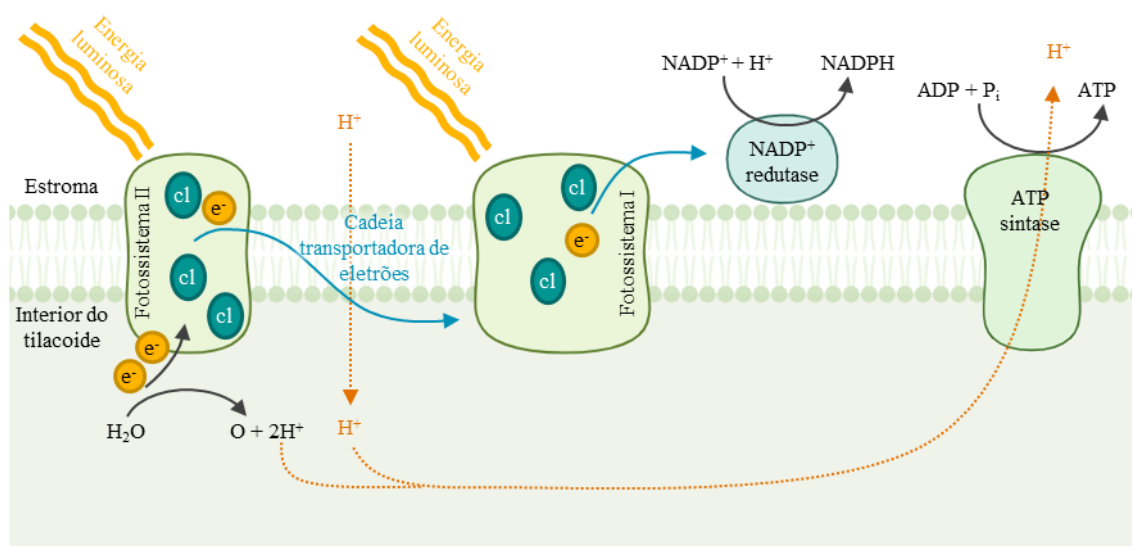


Figura 5. Esquematização molecular simplificada da fase fotoquímica da fotossíntese, num tilacoide do cloroplasto (adaptado de Urry *et al.*, 2020). LEGENDA:  $e^-$  - eletrão; cl – clorofila.

### 3.3.3. Fase química

A fase química da fotossíntese, também denominada “Ciclo de Calvin”<sup>7</sup> é independente da luz e recorre aos produtos das reações da fase fotoquímica. Nas

<sup>7</sup> Atualmente, também denominado de “Ciclo de Calvin-Benson-Bassham” (CBB), como reconhecimento de outros investigadores que contribuíram para a descoberta e caracterização do processo.

plantas superiores, é o principal processo de fixação de carbono e ocorre no estroma do cloroplasto. O ciclo, no qual há a produção de matéria orgânica, consiste em 13 reações, assentes em 11 enzimas distintas, das quais se destaca a Ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) carboxilase-oxigenase, ou rubisco, e pode dividir-se em três fases (Figura 6) (Raines, 2003; Urry *et al.*, 2020).

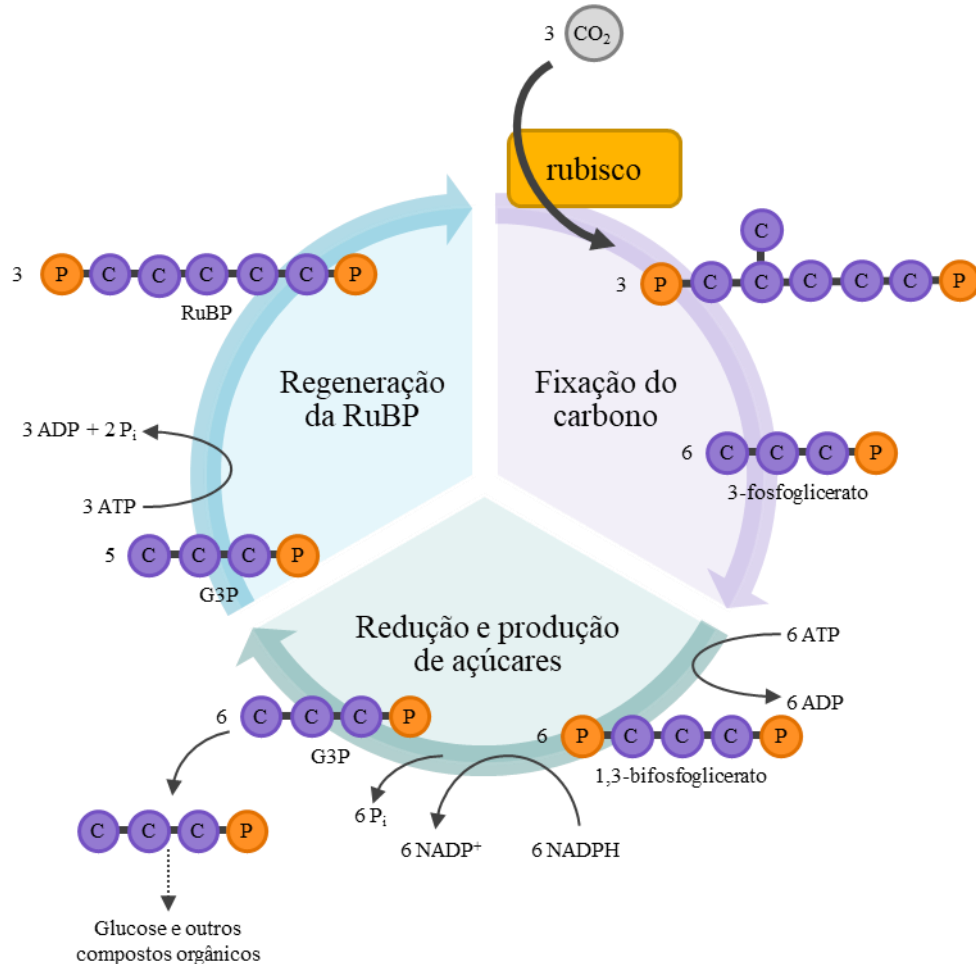


Figura 6. Representação esquemática das três fases do ciclo de Calvin (adaptado de Urry *et al.*, 2020).

### I. Fixação do carbono

Ao açúcar ribulose bifosfato (RuBP), são sequencialmente adicionadas moléculas de  $\text{CO}_2$ , por ação da rubisco, resultando num intermediário contendo um esqueleto de seis carbonos. Este, porém, é energeticamente instável e, eventualmente, quebra, resultando em duas moléculas de 3-fosfoglicerato.

### II. Fosforilação e redução

O ATP, produzido na fase fotoquímica, é recrutado para o ciclo de Calvin e o grupo fosfato resultante da sua desfosforilação é incorporado no 3-fosfoglicerato,

dando origem a uma molécula de 1,3-bifosfoglicerado. Por seu lado, a oxidação do NADPH disponibiliza um par de eletrões que permite a redução de um grupo carboxilo (COOH) desta recém formada molécula e, com a perda de um grupo fosfato forma-se gliceraldeído 3-fosfato (G3P), que armazena mais energia potencial. O G3P, um açúcar é o composto orgânico que é o produto último da fotossíntese, como processo da conversão de matéria inorgânica em matéria orgânica. Porém, nem todo o G3P produzido na fase química é usado pela planta para os seus processos metabólicos. Por cada três moléculas de CO<sub>2</sub> que entram no ciclo, formam-se seis moléculas de G3P, mas apenas uma sai do ciclo.

Tal como o ATP, açúcares como o amido são compostos que armazenam energia química, no entanto, o primeiro é menos estável, sendo usado nestes processos que levam à formação de compostos mais estáveis.

### III. Regeneração de RuBP

Através de uma série de complexas reações, que incluem a desfosforilação de duas moléculas de ATP, os carbonos das cinco moléculas de G3P são rearranjados, resultando em três moléculas de RuBP. Estas podem, assim, servir para reiniciar o ciclo e fixar, novamente, dióxido de carbono.

No total, para a produção de uma molécula de açúcar (G3P) fotossinteticamente produzida, a fase química consome nove moléculas de ATP e seis moléculas de NADPH, produzidas na fase fotoquímica, e o G3P produzido servirá de base para a formação de compostos orgânicos como a glucose, sacarose e outros hidratos de carbono (Urry *et al.* 2020; Whitmarsh e Govindjee, 1999). A glucose formada integra-se, assim, nos produtos a equação geral da fotossíntese, juntamente com a água e o oxigénio gerados durante a fase fotoquímica.

## 4. Métodos e procedimentos

Sendo a afinidade dos alunos pelas Ciências o foco deste trabalho, a intervenção junto da turma-alvo teve uma abordagem com base no modelo instrucional dos 5Es, desenvolvido com vista ao ensino e aprendizagem de, nomeadamente, ciências biológicas. O modelo consiste em cinco fases: envolvimento (*engage*), exploração (*exploration*), elaboração (*elaboration*), explicação (*explanation*) e avaliação (*evaluation*) (Ruiz-Martín e Bybee, 2022). A recorrência a estas fases é explicitada na secção 5.4. Descrição das aulas e reflexão”.

A interação entre docente estagiário e alunos teve por base uma “avaliação para aprendizagem” (Klenowski, 2009), em que se manteve uma constante identificação de aspetos de aprendizagem, através de momentos formais de avaliação (avaliação diagnóstica e sumativa) e através do acompanhamento próximo das atividades realizadas pelos alunos, tendo sido mantido um diálogo frequente com estes.

Como referido anteriormente, o cientista leva à sala de aula uma forma diferente de ensinar. A convidada foi informada dos conteúdos previstos para a disciplina e dos conhecimentos prévios dos alunos relativamente ao subdomínio. Foi-lhe, também, fornecida uma lista de questões que, de forma não obrigatória, poderiam ser usadas como orientadoras do seu discurso, relativas ao seu percurso como profissional da Ciência (por exemplo: “Quais os maiores desafios que sente, na vida como cientista?” e “Se não fosse cientista, que carreira alternativa teria?”). Não obstante, os métodos de ensino e interação com a turma, por parte da convidada, foram da sua responsabilidade sendo, contudo, alvo de análise para a discussão de resultados da implementação das metodologias.

A Tabela 1 apresenta a integração dos instrumentos de recolha de dados aplicados, em relação a cada uma das questões investigativas.

Tabela 1. Aplicação dos diferentes instrumentos de recolha de dados, integrados para a resposta às questões investigativas da prática de ensino supervisionada.

| Questões investigativas<br>A influência do cientista na... |   | Instrumentos  |   |
|--|---|---|---|
| Q1   | ... perceção sobre a Ciência                | Questionário de afinidade PRÉ intervenção da cientista (aula 2) | Questionário de afinidade PÓS intervenção da cientista (aula 8) |
| Q2   | ... perceção sobre os cientistas            |   |   |
| Q3   | ... perceção sobre as carreiras científicas |   |   |
| Q4   | ... compreensão de conteúdos                | Avaliação diagnóstico (aula 1)                                  | Avaliação sumativa (aula 11)                                    |

Historicamente, os questionários têm sido usados para gerar uma visão do ambiente de aprendizagem dos alunos, nomeadamente sobre as suas perceções do ambiente de sala de aula (Fraser *et al.*, 2020). Existe uma série de questionários desenvolvidos e validados para inferir sobre a perceção dos alunos sobre as interações com os professores, o ambiente de aprendizagem em laboratórios, o construtivismo em sala de aula e os ambientes de aprendizagem focados em resultados (Aldridge e Fraser, 2008; Lee *et al.*, 2003; Taylor *et al.*, 1997).

Os questionários usados no presente projeto não foram sujeitos a métodos de validação (por exemplo, grupos-foco ou aplicação em grande escala), mas foram elaborados considerando e tendo como inspiração trabalhos reconhecidos e publicados, que têm como objetivo obter uma visão sobre opiniões de estudantes, como por exemplo, o projeto Relevance of Science Education (ROSE) (Schreiner e Sjøberg, 2004) e o trabalho de Luo *et al.* (2021).

A recolha dos elementos base para resposta às questões que orientaram a vertente investigativa da intervenção realizou-se com a aplicação de questionários *online* (em formato Google Forms). Além de ser um método de uso recorrente no funcionamento da disciplina, com a turma em questão, é de uso fácil e regista resultados de forma rápida e compreensível. Para recolha de informação qualitativa sobre a afetividade, perceções, opiniões e preconceitos dos alunos, relativamente à Ciência, cientistas e carreiras científicas, foi aplicado um questionário doravante denominado “questionário de afinidade” (Apêndice A – Questionário de afinidade). Na perspetiva de inferir sobre a influência que a presença do cientista exerce nos alunos, e responder às questões Q1, Q3 e Q3, o mesmo questionário foi aplicado antes e depois da intervenção, permitindo verificar alterações nas respostas. Com

exceção de questões relativas ao perfil geral de cada aluno (idade, sexo, nacionalidade, etc.), apresentou-se as opções de resposta segundo uma escala de Likert (Griethuijsen *et al.*, 2014; Jebb *et al.*, 2021) e a maioria das afirmações apresentadas teve por base o projeto ROSE (Schreiner e Sjøberg, 2004) e o trabalho de Luo *et al.* (2021). Dado o universo de estudo reduzido, de forma a evitar situações de indecisão ou de resposta rápida sem reflexão, não se incluiu nas opções de resposta um termo neutro (não sei/não respondo/não concordo, nem discordo), à semelhança da abordagem de Schreiner e Sjøberg (2004). Manteve-se o anonimato dos participantes, mas aplicou-se uma codificação entre questionários, para permitir um registo de evolução individual das perceções dos alunos.

A aplicação deste tipo de questionários é uma metodologia de uso comum em estudos com o objetivo de obter uma visão dos alunos sobre a sua relação com temáticas científicas. É o caso de Trautmann *et al.* (2002), Holubec *et al.* (2007) e Fitzakerley *et al.* (2013), que analisaram os efeitos de visitas de profissionais de carreiras científicas a salas de aula. Houve, contudo, necessidade de selecionar devidamente as afirmações apresentadas aos alunos, para considerar as limitações de tempo de aula e a complexidade e conclusividade dos resultados obtidos. Elementos como a ansiedade face à Ciência, a autoestima, a atitude dos pares face à Ciência, o ambiente em sala de aula e o medo de falhar academicamente são abordados em diferentes estudos sobre atitudes de jovens em relação à Ciência (Osborne *et al.*, 2003), mas não foram incluídos neste trabalho.

Os dados obtidos são de cariz qualitativo, pretendendo-se, contudo, uma análise quantificável. Assim, recorreu-se a uma metodologia qualitativa, referida como a mais indicada quando se pretende, mais do que recolher números, obter uma compreensão de como é que as pessoas veem o seu mundo e como interpretam diferentes eventos (Hignett e McDermott, 2015; Merriam e Tisdell, 2016). A metodologia apresenta-se também como vantajosa, uma vez que permite uma representação de pontos de vista dos participantes, com consideração pelo seu contexto (Baldock e Murphrey, 2020).

Usou-se, também, o formato de formulário *online*, com respostas de escolha múltipla (Apêndice B – Questionários de avaliação diagnóstica e sumativa) para aferir conhecimentos prévios e a compreensão de conteúdos didáticos (em resposta à

Q4), e acrescentar elementos de avaliação formativa e sumativa à intervenção. Tradicionalmente, questões respondidas de forma voluntária, seguindo a eterna regra da “mão no ar”, não resultam numa grande participação por parte dos alunos. Quando acontece, esta pode surgir de uma procura pela resposta vinda do “melhor aluno”, tornando este método tradicional pouco representativo da turma. Questionários respondidos através do *smartphone*, acessório ubíquo dos alunos, permite que estes respondam de forma rápida e direta, dando a toda a turma (alunos e professores) um retorno imediato (Artal-Sevil *et al.*, 2017). O formato permitiu aferir os conhecimentos dos alunos, respondendo aos constrangimentos de calendarização das aulas e resultando em avaliações quantitativas imediatas que permitissem uma discussão próxima. Questões que permitem uma resposta aberta, apesar de proporcionarem informação mais aprofundada sobre o desempenho cognitivo do aluno, tornam-se uma fonte de dispêndio de tempo considerável, quando aplicadas a um grande número de indivíduos. Ao mesmo tempo, responder a este tipo de perguntas consome também mais tempo aos alunos o que, numa situação de calendarização limitada, resulta na aplicação de um menor número de questões e, conseqüentemente, numa abordagem de um número reduzido de conteúdos. Adicionalmente, a avaliação de respostas abertas, por parte do docente, não é impermeável a vieses (Briggs *et al.*, 2006), o que, no presente trabalho, poderia resultar em desvios na real aferição das aprendizagens dos alunos.

Uma ficha de avaliação diagnóstica, sobre a temática a abordar ao longo da intervenção, permitiu ao docente aferir sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos do subdomínio, e uma ficha de avaliação sumativa, realizada na última aula, com uma secção idêntica à diagnóstica, permitiu não só a constituição de um elemento quantitativo de avaliação formal (passível de ser considerado pela docente cooperante para avaliação semestral à disciplina), como também revelar, por comparação direta, a evolução de conhecimentos ao longo da intervenção.

Ao longo de todos os tempos letivos, efetuou-se uma observação estruturada, orientada segundo Creswell (2009), com registo quantitativo de interações e atitudes dos alunos, bem como uma observação não estruturada, feita sob a forma de diário de bordo (adaptada e transcrita para a secção 5.4. Descrição das aulas e reflexão”).

#### 4.1. Caracterização da escola

A intervenção didática realizou-se numa escola do concelho de Sintra, distrito de Lisboa (Portugal), integrada num agrupamento de cinco escolas. Estruturalmente, é composta por oito pavilhões individualizados e um pavilhão gimnodesportivo, possuindo uma grande área de recreio ao ar livre, que inclui zonas verdes arborizadas, áreas asfaltadas, um campo de futebol/multidesportos em asfalto e um campo de areia, destinado a desportos de praia, servindo cerca de 2 000 alunos.

A sua oferta educativa inclui os 2.º e 3.º ciclos do Ensino Regular, cursos do Ensino Secundário nas áreas das Artes Visuais, Ciências Socioeconómicas, Ciências e Tecnologias e Línguas e Humanidades, cursos profissionais de Técnico de Turismo e Técnico de Informática-Sistemas, bem como cursos de Educação e Formação de Adultos, em regime noturno. Dispõe ainda de uma unidade de ensino estruturado dedicada a alunos com necessidades especiais de educação.

A disciplina de Biologia e Geologia, no Ensino Secundário, é lecionada entre salas de aula não especializadas, equipadas com computador para o docente, projetor e tela, e um laboratório equipado para a realização de atividades práticas, que possui serventia de um biotério e museu de Geologia.

#### 4.2. Caracterização da turma

A prática de ensino supervisionada foi desenvolvida numa turma do 10.º ano de escolaridade, do curso de Ciências e Tecnologias, constituída por um total de 23 alunos (13 do sexo feminino, 10 do sexo masculino). Dois alunos são de nacionalidade não-portuguesa, mas apenas uma aluna não tem o português como língua materna; além de ter aulas de Português Língua Não-Materna que ajudam à compreensão das restantes disciplinas, nas aulas de Biologia e Geologia recorre ao *smartphone* para tradução de textos, e tem acompanhamento próximo individualizado da docente e colegas de turma. As idades oscilam entre os 15 e os 17 anos (média de 15 anos).

No primeiro semestre do ano letivo de 2023/2024, a média quantitativa da turma à disciplina foi de 13 valores (numa escala de 0 a 20 valores), com a média positiva devida à avaliação de trabalhos práticos e valorização de atitudes face ao trabalho.

Os alunos são afáveis e têm uma relação casual e descontraída com a docente cooperante, e apesar de pontuais momentos disruptivos, devido a um grande número de conversas paralelas à aula, não se registam casos de indisciplina. Durante a intervenção, mantiveram uma atitude semelhante com o professor estagiário e com a cientista convidada.

Existem dois alunos com necessidades especiais de educação que, porém, participam na disciplina de forma não discriminada e sem adaptações.

### **4.3. Questões de natureza ética**

Na vertente investigativa deste trabalho, considerou-se as orientações da Carta Ética para a Investigação em Educação e Formação da Universidade de Lisboa (IEUL, 2016), nomeadamente:

- Não se comprometeu a integridade de nenhum aluno, mantendo-se os valores de respeito, confiança e honestidade;
- Informou-se os participantes sobre o propósito da investigação e instrumentos utilizados;
- Garantiu-se o anonimato e confidencialidade da informação recolhida (partilhando-se apenas elementos avaliativos com a docente cooperante);
- Não se recorreu a práticas de plágio, falsidade, fabricação, falsificação ou distorção de dados.

## 5. Sequência didática

A vertente investigativa deste trabalho centrou-se, como referido anteriormente, na intervenção direta de um profissional da Ciência junto da turma. Flanqueando este momento, a vertente didática da prática de ensino supervisionada contemplou conteúdos de Biologia, da disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade, do Ensino Secundário. A temática central foi a “obtenção de matéria por seres vivos autotróficos”.

### 5.1. Aprendizagens essenciais e competências

O enquadramento didático ao nível das aprendizagens essenciais transversais e elencadas por domínio seguiu as orientações da Direção-Geral da Educação (DGE) (2018a) (Tabela 2).

Tabela 2. Aprendizagens essenciais abordadas, durante a Prática de Ensino Supervisionada.

| Aprendizagens Essenciais     | Itens   |
|------------------------------|---|
| <b>Transversais</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes;</li> <li>- Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.</li> </ul> |
| <b>Elencadas por domínio</b> | Obtenção de matéria – Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).                                |

Os diferentes momentos desenvolvidos com os alunos exploraram as seguintes áreas de competências, afetas ao Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins *et al.*, 2017):

- Linguagem e textos;
- Informação e comunicação;
- Pensamento crítico e pensamento criativo;
- Saber científico, técnico e tecnológico;
- Relacionamento interpessoal; bem-estar, saúde e ambiente.

De forma complementar, atendendo ao previsto no Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho, e considerando que a escola cooperante optou por uma “abordagem, no âmbito das diferentes disciplinas da matriz, dos temas e projetos, sob coordenação de um dos professores da turma ou grupo de alunos” (DGE, 2018b), em que a disciplina de Cidadania e Desenvolvimento é integrada nas restantes disciplinas do Ensino Secundário (isto é, não sendo tida como disciplina individual com horário próprio), abordou-se temas do 1.º grupo “Desenvolvimento Sustentável” e “Educação Ambiental”.

## 5.2. O Cientista e a atividade prática em sala de aula

As orientações curriculares oficiais para o ensino de Ciências referem a necessidade de valorizar atividades experimentais. O trabalho experimental pode ter efeitos motivacionais, desenvolver a minúcia na manipulação de materiais, a consolidação de conceitos científicos e a familiarização com o funcionamento da Ciência e de como os cientistas interagem com ela (Santos, 2014). A orientação de um momento experimental por um cientista, na sala de aula, alia a vertente prática com as vantagens de ter um profissional em contacto com os alunos.

## 5.3. Sequência didática

A implementação da sequência didática planeada aconteceu ao longo de 12 tempos letivos de 50 minutos, com distribuição variável de aulas de um, dois ou três tempos letivos (devidamente identificadas na descrição de aulas). Doravante, o termo “aula” refere-se a um tempo letivo de 50 minutos. A Tabela 3 apresenta a sequência de aulas, realizada entre os dias 20 de março e 15 de abril (com interrupção letiva da Páscoa).

Tabela 3. Sequência didática e principais atividades realizadas.

| Data       | Aulas | Atividades  |
|------------|-------|---|
| 20/03/2024 | 1     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução à sequência didática;</li> <li>- Leitura comentada do texto “Como é que as cianobactérias revolucionaram a biosfera?”;</li> <li>- Teste de avaliação diagnóstica;</li> <li>- Discussão dos resultados do teste de avaliação diagnóstica.</li> </ul> |
| 21/03/2024 | 2     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário de afinidade pela Ciência;</li> <li>- Atividade de grupo: construção da equação geral da fotossíntese;</li> <li>- Lecionação expositiva: fotossíntese, estruturas celulares</li> </ul>  |

|            |          |  |
|------------|----------|--|
|            |          | vegetais e cloroplastos;<br>- Reflexão e correção dos resultados da atividade de grupo.  |
| 08/04/2024 | 3/4/5    | - Intervenção da cientista convidada.<br>- Discussão da intervenção da cientista convidada;<br>- Lecionação expositiva: energia luminosa e pigmentos fotossintéticos;  |
| 09/04/2024 | 6/7      | - Leitura comentada de excerto do manual da disciplina, relativo a uma experiência prática sobre fotossíntese;<br>- Realização e correção de exercícios do manual da disciplina;<br>- Lecionação expositiva: excitação de eletrões, oxidação e redução de clorofilas e conversão de energia luminosa em energia química. |
| 10/04/2024 | 8        | - Questionário de afinidade pela Ciência;<br>- Lecionação expositiva: ADP, ATP, NADP <sup>+</sup> , NADPH e reações de fosforilação e redução, respetivamente.   |
| 11/04/2024 | 9        | - Lecionação expositiva: fase fotoquímica;<br>- Atividade de grupo: “Fotoestafeta” (correspondência de definições com os respetivos termos), em modo competitivo.  |
| 15/04/2024 | 10/11/12 | - Lecionação expositiva: fase química;<br>- Ficha de avaliação sumativa;<br>- Correção e discussão dos resultados da ficha de avaliação sumativa;<br>- Conclusão da sequência didática;<br>- Discussão dos resultados dos questionários de afinidade pela Ciência.   |

Nas duas primeiras aulas, além da aplicação do elemento de avaliação diagnóstica e do primeiro questionário de afinidade, foram introduzidos conceitos teóricos sobre a temática da fotossíntese, que permitissem aos alunos ter uma base conceptual para a intervenção da cientista convidada (elemento central da vertente investigativa), e para as restantes aulas. Assim, a convidada participa na intervenção num momento em que os alunos já foram introduzidos ao subdomínio, mas numa fase ainda inicial, que permitisse que o momento funcionasse como (possível) motivador para os restantes conteúdos temáticos. Além disso, para garantir o máximo de singularidade do contacto com a profissional da ciência, os alunos não foram preparados ou contextualizados sobre aquilo que esta lhes iria comunicar; qualquer alteração de opiniões avaliada pelos questionários de afinidade deverá ser, tanto quanto possível, uma resposta exclusiva à interação com a cientista. Na aula seguinte, a apresentação e atividade prática desenvolvidas pela convidada serviram de ponto introdutório a novos conceitos teóricos, e nas aulas posteriores, seguiu-se a lecionação de conteúdos temáticos, seguindo a ordem de apresentação do manual da

disciplina, considerando que: 1) o manual apresenta uma sequência lógica de conteúdos, que permite uma abordagem construtivista ao tema didático, numa gradual conjugação e complexificação de conceitos; 2) a docente cooperante recorre frequentemente ao manual como base para as suas aulas; a manutenção deste princípio reduz a disrupção da intervenção do estagiário com a turma (como referido mais à frente, na secção 7. Reflexão global e considerações finais”); 3) o manual servirá como apoio de estudo para o Exame Nacional de Biologia, no 11.º ano de escolaridade. Foram, contudo, usados recursos exteriores para a preparação das aulas (outros manuais, artigos científicos, vídeos educativos). Realizou-se o segundo questionário de afinidade e, na penúltima aula, uma ficha de avaliação sumativa que serviria de elemento de avaliação quantitativa, mas, principalmente, para uma aferição da evolução de conhecimentos ao longo da intervenção.

## **5.4. Descrição das aulas e reflexão**

### Nota introdutória

Na leitura das descrições das aulas, para evitar momentos de repetição, deve considerar-se que foi feito um acompanhamento individual de uma aluna que, apesar de frequentar aulas de Português Língua Não-Materna, comunica quase exclusivamente em inglês. Este acompanhamento aconteceu ao longo de todas as aulas em que a aluna esteve presente, com explicações, na língua inglesa, sobre os conteúdos abordados. Os momentos aconteceram entre a apresentação de conteúdos à turma e durante a realização de atividades.

#### **5.4.1. Aula 1 – 20 de março de 2024 (50 minutos)**

Os alunos entraram na aula atempadamente, contando-se um total de 21 presentes (faltando dois alunos), e ocupando os lugares predeterminados para a sala em questão.

O planeamento da aula (Apêndice C – Planificação de aulas) previa um momento inicial ( $\pm 10'$ ) de envolvimento dos alunos, com a projeção de diapositivos elaborados por mim (Apêndice F – Apresentação de diapositivos da aula 1), que incluía uma série de animações que permitia ir apresentando conceitos de forma construtiva, conforme os alunos fossem interagindo e respondendo às perguntas que iam sendo colocadas, neste caso, relativamente às diferenças entre seres vivos heterotróficos e autotróficos. Previa-se uma apresentação a partir do meu computador

pessoal, mas o cabo de ligação ao projetor estava fixo ao computador da sala. Assim, a apresentação teve de ser feita a partir deste, o que resultou numa apresentação sem animações e ligeiramente desformatada. Adaptei a minha linguagem e questões ao novo formato, de forma a ir envolvendo progressivamente os alunos na temática. Apesar da timidez, considero que houve uma boa interação com os alunos e estes foram capazes de fazer as interpretações necessárias para se dar seguimento aos momentos seguintes de apresentação de conteúdos.

No segundo momento ( $\pm 20'$ ), os alunos foram convidados a ler um texto do manual da disciplina, sobre o papel das cianobactérias e da sua capacidade fotossintética na evolução do planeta Terra e, mais concretamente, na biosfera. Assim, apresentou-se a fotossíntese como mais do que a “forma como as plantas se alimentam”, como comumente conhecida; como um processo de elevada importância para a evolução e manutenção da vida conforme a conhecemos. A leitura acompanhada e comentada, e o retorno que os alunos iam dando face a pequenas questões que lhes iam sendo colocadas, mostrou que, na generalidade, ganharam um novo interesse pelos conteúdos. O momento serviu como *engage* para a temática, colocando em causa os conhecimentos prévios dos alunos sobre a utilidade e impacto do processo sobre o qual irão aprender nas próximas aulas.

No final dos comentários sobre o texto, realizou-se uma avaliação diagnóstica, acedida pelo *smartphone* de cada aluno, através de um código *quick response* (QR) projetado ( $\pm 15'$ ). Apesar de ter sido múltiplas vezes referido que o questionário não representava um elemento de avaliação, e que servia apenas para todos (professor e alunos) sabermos o panorama de conhecimentos da turma, verifiquei que alguns alunos não resistiram a tentar pesquisar respostas corretas no manual. Prevendo esta situação, tentei formular as questões com uma linguagem e fraseamento distintos dos do manual, para que encontrar respostas por simples pesquisa não ocorresse de forma imediata. Foi também indicado aos alunos que se abstivessem de usar o manual, e reforçada a importância do diagnóstico como base para a melhoria futura.

Dado o tempo de trabalho autónomo do momento anterior, gerou-se alguma conversa disruptiva na sala de aula, que impedia o decorrer da mesma, mas a ordem foi rapidamente restabelecida e procedeu-se à discussão dos resultados ( $\pm 5'$ ), na qual foi possível perceber que, na maioria dos casos, os conceitos básicos sobre fotossíntese não eram conhecidos pelos alunos. Contudo, demonstraram ter

conhecimentos básicos de química, que serão úteis para a compreensão de conteúdos apresentados em aulas futuras. Nalguns casos, os alunos confessaram ter respondido acertadamente, não com base no conhecimento próprio, mas numa base lógica de exclusão de partes, o que revelou desconhecimento teórico, mas boa capacidade de raciocínio.

Foram cumpridas as temporizações previstas para cada momento de aula, e foram abordados todos os tópicos conceituais que servirão de base para as próximas aulas. Contudo, a alteração na apresentação de diapositivos apresentou-se como um momento que exigiu uma flexibilização da metodologia de apresentação de conteúdos à turma. Na perspetiva de tornar mais dinâmico o ensino de uma matéria facilmente desconsiderada pelos alunos, preparei a aula de forma altamente dependente da funcionalidade da tecnologia disponível na sala de aula (neste caso, computador e projetor). Apesar de me considerar preparado para dar continuidade à aula na eventualidade de não ter acesso a conteúdos digitais (e de, inclusivamente, fazer desenhos e esquemas no quadro, manualmente), questiono a eficácia dessa abordagem numa aula que se previa ser essencialmente expositiva. A fotossíntese é uma temática complexa na qual a representação esquemática dos diferentes processos se me afigura como essencial para um mínimo de compreensão.

Considero que houve uma boa interação com a turma, destacando-se alguns alunos ao nível da participação que, em todos os casos, foi positiva e construtiva, mesmo quando estes achavam que estavam a criar pontos de brincadeira sobre os conteúdos. O acompanhamento da turma no primeiro semestre do ano letivo, no âmbito da disciplina de Iniciação à Prática Profissional III mostrou-se essencial; o sucesso das respostas dadas por mim aos alunos “menos sérios” deveu-se a um conhecimento prévio de como interagir com eles e que tipo de interação resulta para a manutenção do bom funcionamento das aulas.

#### **5.4.2. Aula 2 – 21 de março de 2024 (50 minutos)**

Estando presentes 22 alunos, a aula iniciou com o preenchimento do questionário de afinidade prévio à intervenção da cientista convidada ( $\pm 20'$ ), sob o formato de questionário realizado na aula anterior. Os alunos foram informados de forma explícita do caráter anónimo do mesmo e da importância da sua honestidade nas respostas (Apêndice G – Apresentação de diapositivos da aula 2). Gerou-se alguma conversa e comentários entre alunos, em relação às perguntas e alguns alunos

foram pedindo pequenos esclarecimentos, a mim ou à professora cooperante. De notar um desconhecimento geral do significado da palavra “excêntrico” (associada a uma afirmação sobre o estereótipo do cientista), que foi esclarecido individualmente e de forma geral para toda a turma.

Seguiu-se uma atividade de exploração e elaboração ( $\pm 15'$ ) em que a turma foi dividida em quatro grupos, sendo dados a cada grupo papéis correspondentes aos constituintes da equação geral da fotossíntese (“água”, “dióxido de carbono”, “energia luminosa”, “glucose”, “oxigénio”, símbolos “+”, símbolos “ $\rightarrow$ ”), e pasta adesiva. De forma a gerar um ambiente semi-competitivo, os alunos tinham tempo limitado para, em grupo, tentarem inferir sobre a referida equação e, posteriormente, colar os papéis no quadro, apresentando as suas propostas. Uma aproximação a cada grupo permitiu perceber que, mais uma vez, aplicavam conhecimentos da disciplina de Físico-química, e iam testando hipóteses de construção da equação que fizessem sentido, de acordo com os conhecimentos básicos que tinham sobre o funcionamento das plantas. Na perspetiva do ensino segundo o modelo dos 5Es, a atividade promoveu o recurso a conhecimentos prévios para o estabelecimento de relações conceptuais que permitissem a resolução do exercício, enquanto aplicaram as novas informações apresentadas na aula anterior.

Seguiu-se um momento expositivo ( $\pm 15'$ ) em que foram apresentadas aos alunos definições teóricas sobre fotossíntese e os elementos da sua equação geral, e foi gradualmente apresentada a estrutura de uma planta, desde a folha ao cloroplasto, o ponto central físico da fotossíntese. Os conceitos foram sendo apresentados de forma construtiva, até se chegar ao tópico da equação geral da fotossíntese e, então, se proceder à correção e discussão da atividade anterior. Todos os grupos apresentaram respostas corretas e um deles recorreu, de forma criativa, à luz do quadro como “fonte de energia luminosa” da equação. Adicionalmente, mostraram compreender que, ao longo da intervenção, as plantas iriam ser um ponto central que serviria de exemplo, mas que existem outros tipos de organismos capazes de realizar a fotossíntese (Figura 7).

Com algum ajuste na duração dos momentos, a aula decorreu conforme planeado, tendo sido atingidos os objetivos previstos, paralelamente com a dinamização e envolvimento da turma e criação de emoções positivas face a conteúdos tipicamente tidos como aborrecidos, e a consolidação de conhecimentos essenciais para a compreensão futura do processo da fotossíntese. Os diferentes

momentos permitiram uma abordagem a diversas competências transversais previstas no PASEO (nomeadamente, linguagem e textos, pensamento crítico, saber científico e relacionamento interpessoal). Apesar do aparente caos gerado, os alunos presentes mantiveram um comportamento adequado ao tipo de aula e atividade a decorrer.

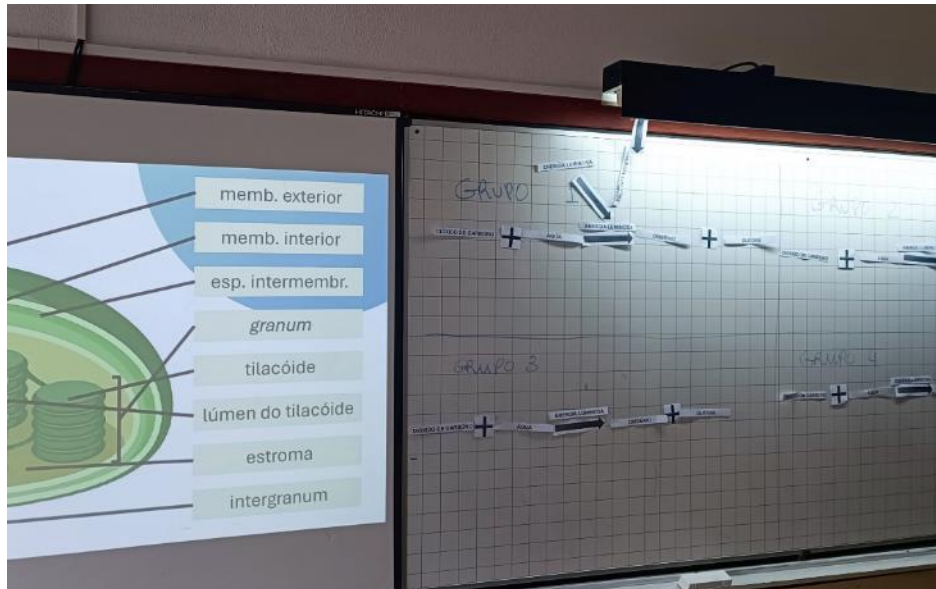


Figura 7. Visão geral dos resultados da atividade da construção da equação geral da fotossíntese.

#### 5.4.3. Aulas 3, 4 e 5 – 8 de abril de 2024 (3x50 minutos, com dois intervalos de 10 minutos)

Tempos de aula normalmente realizados com a turma dividida em dois turnos (um turno com três tempos letivos de manhã, outro turno com três tempos letivos de tarde), desta vez realizados com toda a turma em conjunto, da parte da tarde, no laboratório de Biologia da escola, e destinados exclusivamente à intervenção da cientista convidada. Encontravam-se presentes 23 alunos.

Após uma breve apresentação, a convidada iniciou a aula apresentando-se e ao material biológico de que se fazia acompanhar (sementes e plantas juvenis de arroz, e extratos de algas). Deu oportunidade aos alunos para a questionarem sobre o seu percurso profissional, mas houve pouca interação. Da perspetiva de observador, de uma forma geral, a turma aparentava estar intimidada e com pouco entusiasmo face à situação (o que, com base em observações anteriores, costuma ser um comportamento típico em aulas que acontecem depois do horário de almoço). Foi feita uma apresentação de diapositivos que relacionava as alterações climáticas com as respostas das plantas, que incluiu uma apresentação da instituição de trabalho da cientista, a importância de certos elementos para o trabalho em Ciência (como o caderno de laboratório e a necessidade da clareza no seu preenchimento),

informações sobre como é que os cientistas publicam os seus resultados e a importância da fidedignidade das fontes, em Ciência.

Verifiquei que a linguagem usada pela convidada era, por vezes, bastante maturada, o que poderia estar a criar algum distanciamento com a turma. Das interações prévias, durante as aulas anteriores e momentos de interação afetos à disciplina de Iniciação à Prática Profissional III, considero que os alunos, apesar de conhecedores da maioria do vocabulário usado, não estão familiarizados com uma linguagem mais elaborada.

A cientista prosseguiu fazendo algumas perguntas à turma. Por exemplo: “Conseguem identificar algum problema que tenha sido resolvido pelos cientistas?” e “Acham que todos os cientistas têm a mesma opinião?”. A Ciência foi apresentada como um elemento de certezas temporárias e dúvida permanente. Falou-se dos momentos de frustração no trabalho, com a ausência de resultados e/ou financiamento, e da alegria pontual de ver trabalhos publicados e viagens no âmbito de congressos.

Seguiu-se um momento de apresentação mais concreta do trabalho realizado, nomeadamente, na forma como a agricultura poderia ser melhorada de forma a lidar com as alterações climáticas e como as plantas lidam com o stress por estas causado. Entre questões de teor mais opinativo, a convidada perguntou à turma como desenhariam, de forma geral, uma experiência para testar os efeitos da salinidade na germinação das plantas de arroz (considerando o uso de extratos de algas marinhas como fertilizante). Uma aluna respondeu com uma série de tópicos inerentes ao trabalho investigativo em Ciência (uso de grupo controlo, manipulação controlada de variáveis, etc.).

No segundo tempo letivo, a apresentação desenrolou-se e a cientista foi derivando por conceitos que escapavam ao conhecimento da turma (por exemplo, “genoma”, previsto para a disciplina de Biologia do 11.º ano). Foi pedindo aos alunos, por vezes, para irem resumindo o que havia falado até aí. Projetou-se um vídeo do programa de televisão “Tech 3” (Rádio e Televisão de Portugal), relativo ao projeto em que a convidada estava envolvida e, de seguida, foi apresentado um aparelho de medição da concentração de clorofila. Os alunos tiveram, então, oportunidade de fazer a medição nas diferentes plantas de arroz e registo de resultados, permitindo uma comparação dos efeitos do extrato de algas como

fertilizante na quantidade de clorofilas existentes nas folhas de cada planta (Figura 8).



Figura 8. Material e equipamento levados pela cientista convidada para a sala de aula: rebentos de arroz, sementes de arroz, extratos de algas e aparelho de medição da concentração de clorofilas (esquerda); aluno a medir concentração de clorofilas de uma das plantas, para comparação de valores entre plantas tratadas e não-tratadas com extrato de algas (direita).

Apesar da aula ter sido planeada com base em três momentos distintos, e estes terem sido comunicados à convidada, não se verificou esta distinção e os vários tópicos de relação entre conteúdo científico e informações sobre a vida de profissional da Ciência foram sendo misturados ao longo do tempo. Os alunos mostraram-se, de forma geral, pouco entusiasmados, desatentos e pouco interativos. No caso concreto deste trabalho, pretende-se avaliar a influência da convidada nos alunos, mas em momentos futuros, a possibilidade de a interação ter efeitos negativos ao nível do interesse ou aprendizagem dever ser considerada pelo professor-organizador. Mantendo-se a relativa liberdade de intervenção de um elemento externo à escola, devem ser previstos momentos de reforço da mesma e de mitigação de potenciais impactos que divirjam dos objetivos que o professor projeta para as atividades.

#### **5.4.4. Aulas 6 e 7 – 9 de abril de 2024 (2x50 minutos, com um intervalo de 10 minutos)**

Com 23 alunos presentes, iniciou com uma discussão da aula dada pela cientista ( $\pm 20'$ ), nomeadamente sobre a parte prática, tendo sido apresentados os resultados das medições de concentração de clorofila na forma de gráficos, e estabelecida uma relação entre a atividade e os conteúdos dados da aula 2, usando-a

também como introdução a novos conceitos (Apêndice H – Apresentação de diapositivos das aulas 6 e 7).

Contrariando a percepção final com que fiquei na aula anterior, os alunos mostraram lembrar-se de bastantes elementos da apresentação da convidada, bem como da atividade de medição da concentração de clorofilas, tendo facilmente estabelecido a ligação entre esta, o vigor da planta, e a sua capacidade de transformação de matéria inorgânica em matéria orgânica. Numa perspetiva de *explain*, centrou-se o foco no docente como elemento que formaliza conceitos trabalhados pelos alunos previamente, mesmo que numa vertente maioritariamente teórica.

Num momento expositivo ( $\pm 30'$ ), foram apresentados conceitos teóricos sobre a utilização da energia luminosa por pigmentos fotossintéticos e leitura comentada de um texto do manual, referente ao espectro da luz visível e sua influência na fotossíntese. O texto relatava uma das primeiras experiências realizadas neste âmbito e os procedimentos de Theodor Engelmann, em 1882, foram seguidos e discutidos passo-a-passo, para que os alunos os fossem entendendo, bem como aos resultados obtidos. De uma forma geral, os alunos foram sendo participativos e demonstraram ter assimilado conceitos apresentados nas aulas anteriores (nomeadamente na primeira aula, dada ainda antes do período de férias da Páscoa), e foram construindo uma visão dos conteúdos com base numa experiência prática apresentada sob a forma de texto, em momentos de elaboração e explicação. Aqui, foi dada aos alunos a oportunidade de apresentar as suas ideias, com base no que lhes era apresentado e a descrição de uma atividade prática permitiu que aplicassem os conhecimentos numa nova situação, expandindo-os.

Seguiu-se a realização de um exercício ( $\pm 30'$ ) proposto no manual, relativo aos efeitos na fotossíntese de diferentes comprimentos de onda da luz visível. Durante a realização, uma aproximação mais individualizada aos alunos permitiu perceber que a maioria dos que menos participavam em momentos anteriores estavam empenhados e demonstravam ter estado atentos. Durante a correção do exercício (avaliação), os alunos responderam ativamente e os diferentes conceitos foram discutidos e clarificados, por vezes repetidamente, de forma a garantir que toda a turma se encontrava no mesmo nível de compreensão. Os alunos revelaram atenção, corrigindo, inclusivamente, erros enunciados por mim e relativamente aos

dados apresentados nos diapositivos (que provinham de um manual diferente daquele utilizado pela turma).

Os últimos momentos da aula ( $\pm 20'$ ) foram dedicados à leção expositiva de conceitos teóricos sobre excitação de eletrões, oxidação e redução de clorofilas e conversão de energia luminosa em energia química. A generalidade dos alunos esteve atenta, comentando e relacionando os conteúdos apresentados com os da disciplina de Físico-química.

Dada a complexidade dos conteúdos, o tempo dedicado a cada momento planeado teve de ser flexibilizado, para garantir a apresentação do mesmo conteúdo de várias formas diferentes e esclarecimento de dúvidas e equívocos. O planeamento de aula deve sempre ter em conta momentos de interação com os alunos para esclarecimentos, no entanto, é difícil prever quantos alunos apresentarão questões ou de quantas formas é necessário (re)explicar dado conceito. Aqui, como em casos anteriores, tenho noção que as diferentes explicações advêm do conhecimento teórico que tenho sobre os conteúdos, que surgem de forma espontânea. Encontro duas limitações nesta abordagem: 1) pode não ser tão funcional se se tratar de conteúdos com que o professor está menos familiarizado, ou numa aula que carece de maior preparação; 2) as novas explicações podem não integrar pressupostos didáticos que, à partida, são considerados no planeamento de uma aula e, por isso, não ter o efeito de aprendizagem desejado.

Em todo o caso, todos os conteúdos previstos foram lecionados com perceção geral de entendimento por parte da turma e os objetivos específicos foram cumpridos.

#### **5.4.5. Aula 8 – 10 de abril de 2024 (50 minutos)**

Os alunos entraram na aula de forma faseada, com alguns atrasos, registando-se um total de 21 presenças.

Segundo o plano investigativo previsto para o conjunto de aulas, realizou-se o questionário de afinidade pós-intervenção da cientista convidada ( $\pm 15'$ ). Tratou-se de um questionário idêntico ao realizado na aula 2, com uma nova secção de nove pontos, diretamente relacionados com a experiência de contacto com a convidada. Foram feitos esclarecimentos pontuais, voltando a notar-se as dúvidas relativas à palavra “excêntrico”. Durante o preenchimento, alguns alunos foram fazendo intervenções referindo que não tiveram oportunidade de medir diretamente a

concentração de clorofilas, na atividade da aula 5, tendo sentido timidez em pedir para o fazer, após demonstração.

Seguiu-se um momento de lecionação expositiva ( $\pm 35'$ ) de conceitos teóricos, sobre ATP, NADPH e variantes desfosforilada e reduzida, respetivamente (Apêndice I – Apresentação de diapositivos da aula 8). Dada a importância destes conceitos em conteúdos a lecionar posteriormente, houve um reforço constante de ideias e questionamento frequente aos alunos, na tentativa de garantir uma aprendizagem essencial para aulas seguintes.

Os alunos foram participativos e, de uma forma geral, apresentaram compreensão dos conceitos abordados, tendo-se cumprido os objetivos específicos e durações previstas.

#### **5.4.6. Aula 9 – 11 de abril de 2024 (50 minutos)**

A aula iniciou-se com 23 alunos presentes. Dado o bom funcionamento das aulas em modo expositivo e a boa interação com os alunos nesses momentos, permitindo uma construção gradual de bases teóricas sobre o funcionamento da fotossíntese em plantas, e devido às restrições de tempo, excluiu-se o primeiro ponto do planeamento original para esta aula (visualização comentada do vídeo “*Photosynthesis: The Original Sola Power*”) (Apêndice C – Planificação de aulas). Procedeu-se, então, à lecionação expositiva ( $\pm 35'$ ) de conceitos teóricos sobre a fase fotoquímica da fotossíntese, seguindo-se os seus passos com associação a figuras ilustrativas de cada processo (visão esquemática das membranas dos tilacoides, clorofilas, movimento de eletrões e moléculas) (Apêndice J – Apresentação de diapositivos da aula 9).

Para reforçar o envolvimento dos alunos, promovendo a elaboração e gerando um momento de avaliação, realizou-se uma atividade denominada “Fotoestafeta” ( $\pm 15'$ ) (Apêndice E – Fotoestafeta). Com a turma dividida em dois grupos, que competiriam entre si, um aluno de cada equipa dirigiu-se a uma mesa, pegando aleatoriamente num papel com a descrição de um componente ou processo da fotossíntese, e deveria fazê-lo corresponder com o termo correto. Terminado este passo, voltaria junto do seu grupo e passaria a vez ao colega seguinte. Os alunos foram informados que ganharia o grupo com mais associações corretas e, em caso de empate, o grupo que tivesse terminado mais rapidamente o conjunto de associações. Gerou-se um momento de aparente grande disrupção, mas uma aproximação aos

grupos permitiu perceber que todos os alunos estavam ativamente a tentar estabelecer raciocínios que permitissem responder corretamente ao desafio. Revelaram um pensamento construtivo, usando memórias diretas do que havia sido referido no primeiro momento e raciocínios lógicos que permitissem associar cada processo ao nome correto. Considerando a metodologia dos 5Es, o momento serviu para uma aplicação de conhecimentos e, na interação com os pares, realizarem uma auto- e heteroavaliação.

No final, um grupo conseguiu ter um maior número de respostas certas, mas os alunos facilmente perceberam que a dinâmica do jogo exigia, não apenas conhecimentos teóricos, mas também uma dependência dos elementos do grupo entre si (uma vez que, se um elemento seleccionasse uma resposta errada, esta deixaria de estar disponível para o elemento seguinte). Assim, foi-me possível reforçar a importância do trabalho em equipa e da necessidade de todos os alunos darem o seu melhor, para garantir que, num jogo ou num trabalho experimental/científico futuro, toda a equipa saia a ganhar, com o esforço de todos os elementos. Foram distribuídos chocolates, como prémio, a ambas as equipas.

Com a ablação do primeiro momento planeado, cumpriram-se os objetivos previstos, com uma distribuição temporal que permitiu reforçar os conhecimentos e esclarecer dúvidas. As restrições temporais tornam-se, contudo, problemáticas na visão de quem pretende incluir nas aulas diferentes formas de apresentação de conteúdos aos alunos. O vídeo constituiria um momento de consolidação de conhecimentos, introduzindo uma variação no ritmo e forma da aula e, possivelmente, despertando o interesse dos alunos de uma forma que não é atingível pela oralidade acompanhada de diapositivos.

#### **5.4.7. Aulas 10, 11 e 12 – 15 de abril de 2024 (3x50 minutos, com dois intervalos de 10 minutos)**

A aula teve lugar com a turma dividida em turnos (1.º turno – 11 alunos presentes; 2.º turno – 12 alunos presentes), no laboratório de Biologia da escola. Iniciou-se com um momento de lecionação expositiva de conceitos teóricos ( $\pm 100'$ ) sobre o ciclo de Calvin e integração geral dos conhecimentos adquiridos anteriormente no funcionamento total da fotossíntese (Apêndice K – Apresentação de diapositivos das aulas 10, 11 e 12). Este momento prolongou-se além do primeiro tempo letivo, ultrapassando o planeado, uma vez que os alunos demonstraram

alguma dificuldade em compreender conteúdos mais complexos (especialmente, no primeiro turno), sendo necessárias várias repetições e momentos de confirmação para garantir que não eram introduzidos novos conceitos sem que os anteriores fossem compreendidos pela generalidade da turma. Como em aulas anteriores, alunos menos participativos demonstraram compreensão quando abordados diretamente. A aula dada para metade da turma facilita os momentos de interação e o retorno mútuo entre professor e alunos.

Seguidamente, os alunos acederam a uma ficha de avaliação sumativa ( $\pm 50'$ ), em formato semelhante aos questionários das aulas anteriores, sobre a generalidade dos conteúdos do subdomínio. Ao contrário do previsto no planeamento da aula, as questões não incidiram sobre a interação direta com a cientista, uma vez que a sua intervenção não incluiu, de forma explícita, os conteúdos previstos no subdomínio. Os alunos de ambos os turnos mostraram-se focados, tendo permanecido na sala de aula durante o intervalo e, apesar do carácter individual do questionário, era frequente vê-los a discutir os conteúdos e a relacionar os temas com o que foi falado na aula. Optei por permitir esta situação porque, tratando-se de um momento de avaliação realizado imediatamente após a apresentação de conteúdos e sem tempo de estudo prévio, apercebi-me que a interação verificada seria mais produtiva para o desenvolvimento de raciocínio e consolidação de matéria. A média de resultados da turma foi de 58 pontos (num total de 100; nota mais elevada: 87; nota mais baixa: 16).

Na discussão dos resultados da ficha ( $\pm 35'$ ), alguns alunos, preocupados com a sua prestação, revelaram que as respostas erradas que haviam dado eram resultado de má interpretação inicial da questão, pressa em responder, ou falta de confiança nas primeiras ideias. Na generalidade, a turma compreendeu as correções efetuadas e teve facilidade em encontrar os erros na cadeia de pensamentos que originou as respostas erradas. Como em aulas anteriores, os alunos relacionaram facilmente os temas abordados com conteúdos de Físico-química, proporcionando momentos de interdisciplinaridade espontânea.

Idealmente, a intervenção terminaria com um momento de ligação entre os conteúdos lecionados e o subdomínio seguinte. No entanto, a calendarização da intervenção fez com que o tema “obtenção de matéria pelos seres vivos autotróficos” fosse introduzido de forma isolada, entre conteúdos de um outro subdomínio não adjacente. Assim, nos últimos minutos de contacto com a turma, foram apresentados

resultados preliminares do trabalho investigativo. Os alunos demonstraram curiosidade e compreensão das motivações do mesmo.

Terminada a intervenção, independentemente dos resultados da vertente investigativa, considero que os momentos de aula foram positivos e que resultaram em aprendizagens novas para os alunos, ao nível dos conteúdos programáticos, bem como na consolidação de conhecimentos de subdomínios prévios (por exemplo, “Biomoléculas”) e da disciplina de Físico-química. Os alunos perceberam o funcionamento molecular da fotossíntese em plantas, no processo de conversão de energia luminosa em energia química, e de matéria inorgânica em matéria orgânica. Além disso, ficou assente a importância da fotossíntese na biosfera, como ponto de partida das cadeias tróficas dos seres vivos não produtores, e a importância da Ciência para a sustentabilidade do futuro das comunidades humanas, em geral, e da nossa alimentação, em concreto.

A interação gerou também momentos de aprendizagem para mim, como professor, nomeadamente na gestão de aula e a necessidade de aceder a diferentes abordagens sobre a mesma matéria, de forma imediata e compreensível.

## 6. Análise de resultados

A aplicação de questionários de afinidade maioritariamente idênticos antes e após a intervenção da cientista, em sala de aula, permite ter uma visão da alteração ou manutenção de opiniões, ideias e crenças dos alunos. A sua aplicação em data próxima à intervenção não permite avaliar resultados a longo prazo, contudo, garante que o eventual impacto da convidada está ainda bastante presente na memória dos participantes.

A análise dos resultados da vertente investigativa do presente trabalho assenta num estudo de caso; trata-se de um trabalho realizado com uma turma, inserida num contexto específico e com desconsideração de diferentes variáveis com potencialidade de influência de resultados. Assim, a discussão apresentada é válida para o caso em análise, podendo ou não refletir objetos de análise semelhantes. Deve ter-se também em consideração que não é possível estabelecer uma total relação causal na mudança de atitudes dos alunos exclusivamente face à intervenção da cientista (Simon e Goes, 2013). Além disto, é difícil garantir a reprodutibilidade dos resultados, e os mesmos estão exclusivamente dependentes da interpretação e honestidade dos participantes. Na presente análise, são considerados os itens do questionário mais relevantes, relativamente a mudanças de opinião ou abordagem a questões centrais dentro do tópico de cada questão investigativa.

Este capítulo estrutura-se apresentando os resultados e análise dos questionários, como elementos de resposta às perguntas investigativas enunciadas na 1. Introdução” deste trabalho. A totalidade dos resultados dos questionários de obtidos constam do “Apêndice D – Resultados dos questionários de afinidade” e da Tabela 4, e decorrem de um universo de 23 alunos.

### 6.1. Q1: Qual a influência do cientista sobre a perceção que os alunos têm sobre a Ciência?

A concordância dos alunos relativamente a afirmações sobre a Ciência mostrou-se pouco variável, e essencialmente positiva, entre ambos os questionários de afinidade, com exceção de duas instâncias.

Há uma concordância geral da turma, relativamente à importância da Ciência, mas verificou-se uma moderação de opiniões após a intervenção da cientista. Aproximadamente 17% dos alunos mudou a sua opinião de “concordo totalmente” para “concordo” (Figura 9). Ainda assim, no pós-intervenção, a quase totalidade da turma (22 de 23 alunos) considera que a Ciência é importante para a sociedade, o que constitui um resultado superior àquele publicado no âmbito do projeto ROSE, com valores aproximados aos 80%, para Portugal (Schreiner e Sjøberg, 2004). Trata-se de valores distanciados em 20 anos e seria interessante perceber se houve, de facto, uma evolução nas crenças dos jovens ou se se trata de um artefacto do tamanho limitado do universo de estudo. Contudo, não foram encontrados estudos explícitos sobre esta questão, dos últimos 15 anos.

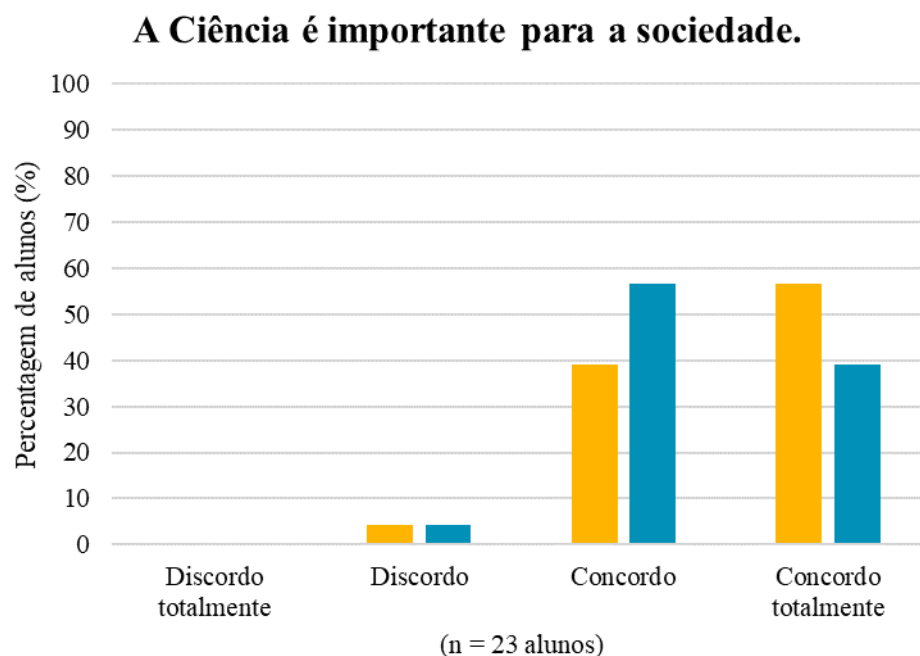


Figura 9. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A Ciência é importante para a sociedade”.

### A Ciência e a qualidade de vida

Schreiner e Sjøberg (2004) avaliam, no mesmo projeto, a forma como a Ciência é vista, no sentido de tornar a vida mais fácil e saudável para a população. Para Portugal, reportaram valores de total concordância entre os 75% e os 80%. Já na turma em estudo, apenas 13% dos alunos concorda totalmente com a afirmação “A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais saudável, e 30% com a frase “A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais fácil”.

### A Ciência e o Ambiente

Como referido anteriormente, parte da intervenção da convidada focou-se na utilização da Ciência, nomeadamente no projeto apresentado, como elemento da resolução de problemas ambientais e melhoria das condições de vida, no que diz respeito à convivência com os efeitos das alterações climáticas. Tratou-se de um tema central que, do ponto de vista do observador, resultou num maior envolvimento dos alunos, tendo demonstrado ser um assunto com o qual todos estavam minimamente familiarizados. A apresentação da Ciência como solucionadora, mas contextualizada na realidade, terá resultado numa uniformização das respostas em que se identificava a Ciência e a Tecnologia como causadoras dos atuais problemas ambientais (Figura 10). Todos os alunos, com exceção de um, discordam da causalidade do trabalho científico relativamente aos problemas ambientais.

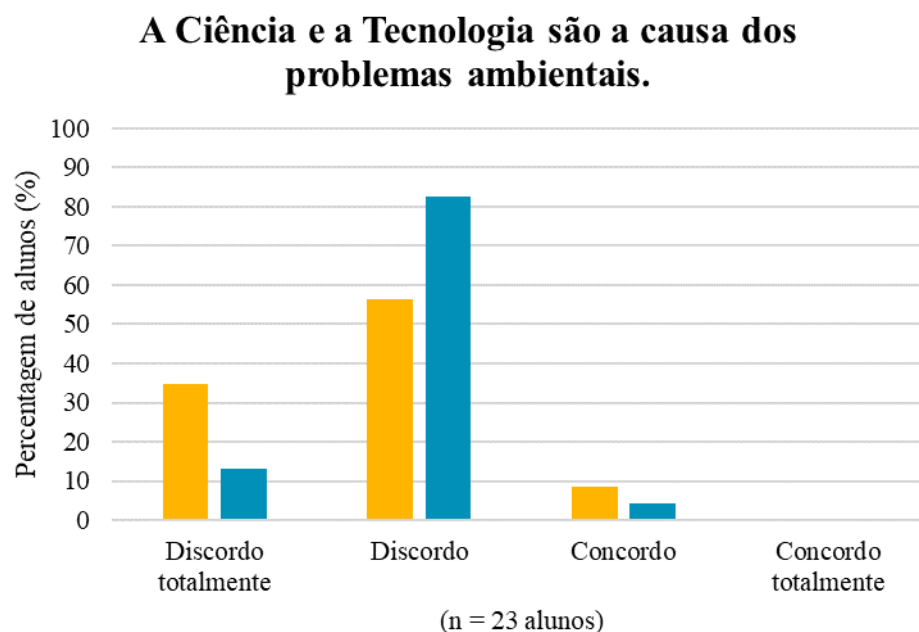


Figura 10. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A Ciência e a Tecnologia são a causa dos problemas ambientais”.

Já no que diz respeito à consideração da Ciência como fonte das soluções para os problemas ambientais, o projeto ROSE apresenta valores, para Portugal, com uma diferença percentual de  $\approx 10\%$  entre rapazes ( $\approx 45\%$ ) e raparigas ( $\approx 35\%$ ) (Schreiner e Sjøberg, 2004), ao passo que o presente trabalho apresenta uma distribuição igualitária entre sexos, entre a concordância e concordância total com a

frase “A Ciência e a Tecnologia podem resolver todos os problemas ambientais”, após a intervenção da cientista ( $\approx 39\%$  - concordo;  $\approx 9\%$  - concordo totalmente).

Os alunos veem a Ciência como importante e influente na vida das pessoas (e deles próprios, de forma concreta), e necessária para o desenvolvimento de um país. Como resolutora de problemas ambientais, verifica-se uma divisão quase equitativa entre concordância e discordância.

A ausência generalizada de mudança de opiniões pode dever-se ao facto de o conceito de Ciência ser aquele com o qual os alunos de um curso de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário estarão mais familiarizados. A própria escolha do curso pode depender desse conhecimento pré-adquirido, que será mais ou menos consensual entre os alunos e, dado o seu carácter generalista, menos sujeito a renovação. Pelo menos, na maioria dos casos, pressupõe-se que a maioria da população terá mais contacto com o conceito “Ciência”, do que com cientistas ou carreiras científicas. Neste caso, esse contacto poderia ser aferido com questões como a profissão dos pais/cuidadores e familiares. Além disso, a importância do fundo familiar é influente nas perceções dos alunos relativamente à Ciência, verificando-se as mais positivas no seio de famílias biparentais, e em que pais e outros membros estimulam atitudes positivas face à Ciência (Fralick *et al.*, 2008; Holubec *et al.*, 2007).

De resto, a maioria dos alunos ( $\approx 57\%$ ) não considera que conhecer a convidada tenha aumentado o seu interesse pela Ciência. Contudo, houve um nítido impacto no que diz respeito ao tema de trabalho da cientista;  $\approx 70\%$  da turma referiu ter passado a dar mais importância aos temas da sustentabilidade e alterações climáticas e  $\approx 61\%$  sentiu-se motivado para aprender mais sobre Ciência.

### **6.1.1. As aulas de Biologia**

A referida vontade de aprender de aprender Ciência pode ser benéfica para o ensino da Biologia. Na perspectiva de responder à necessidade de profissionais das STEM, o interesse pelas aulas de Biologia será uma das bases de intervenção. Neste âmbito, a visita de uma cientista tem pouca margem de manobra, uma vez que  $\approx 96\%$  da turma afirmou gostar da disciplina, mantendo-se a percentagem em ambos os questionários.

No que concerne à disciplina e sua relação com a Sustentabilidade, numa perspectiva de integração com Cidadania e Desenvolvimento, a apresentação da convidada focou-se, também, nos contributos que projetos como o seu podem ter para o desenvolvimento e manutenção sustentável das sociedades humanas atuais. Aqui, o contacto com a profissional resultou num aumento de  $\approx 9\%$  de total concordância com a afirmação “A disciplina de Biologia tornou-me mais preocupado com a Natureza e Sustentabilidade”.

Ainda numa reflexão sobre a afinidade dos alunos por uma disciplina, impõe-se um olhar sobre a afinidade pelo docente da disciplina. Na turma em estudo, a totalidade dos alunos afirma gostar da sua professora.

Tem sido proposto que relações professor-aluno favoráveis estimulam o comportamento de aprendizagem e permitem uma melhor abordagem às exigências do contexto escolar (Roorda *et al.*, 2011), nomeadamente, como é o caso, com docentes do sexo feminino. Inclusive, o impacto da relação professor-aluno aparenta ser maior em alunos mais velhos (Roorda *et al.*, 2011). Apesar de fora do contexto investigativo deste trabalho, a boa relação entre a professora cooperante com a turma foi notória e de destaque na observação de aulas e nos momentos de interação entre tempos letivos, e uma associação entre este facto e uma visão positiva da Biologia (e da Ciência) não é de descartar.

## **6.2. Q2: Qual a influência do cientista sobre a percepção que os alunos têm sobre o que é ser cientista?**

Nas ideias pré-concebidas dos alunos, verificou-se um desvio em relação aos estereótipos já referidos, em três situações em particular: o sexo (Figura 11), a etnia (Figura 12), e o interesse da pessoa (Figura 13).

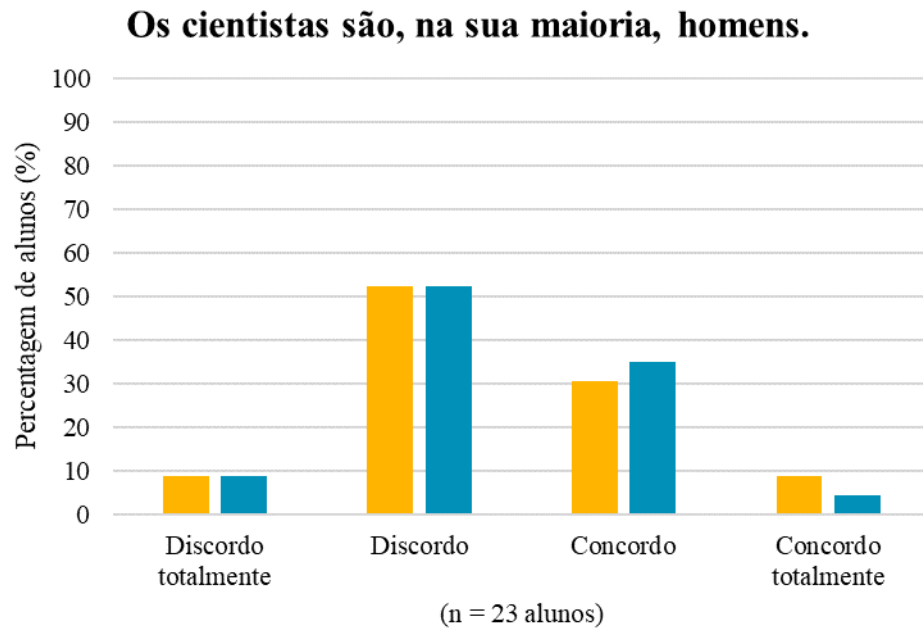


Figura 11. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são, na sua maioria, homens”.

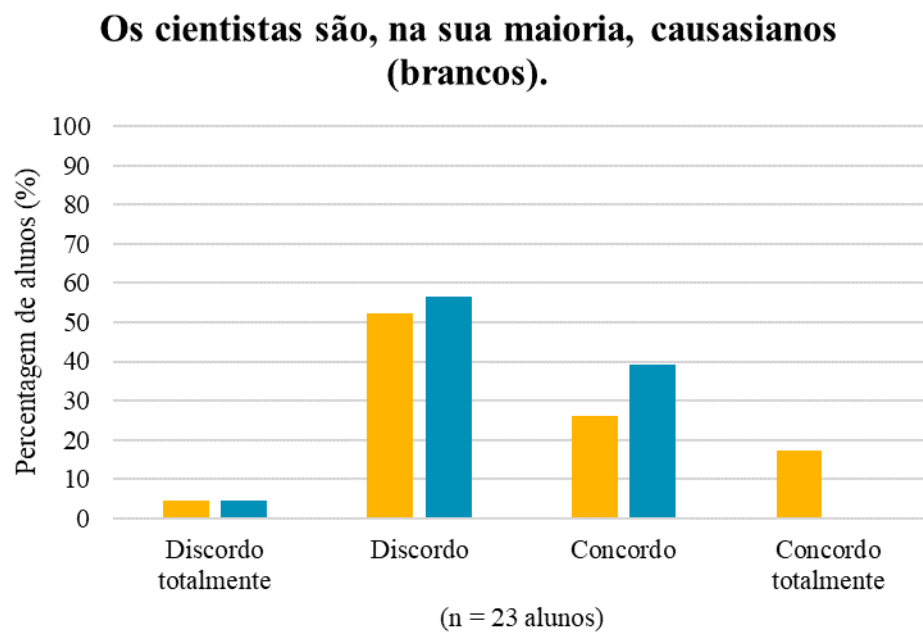


Figura 12. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A cientistas são, na sua maioria, caucasianos (brancos)”.

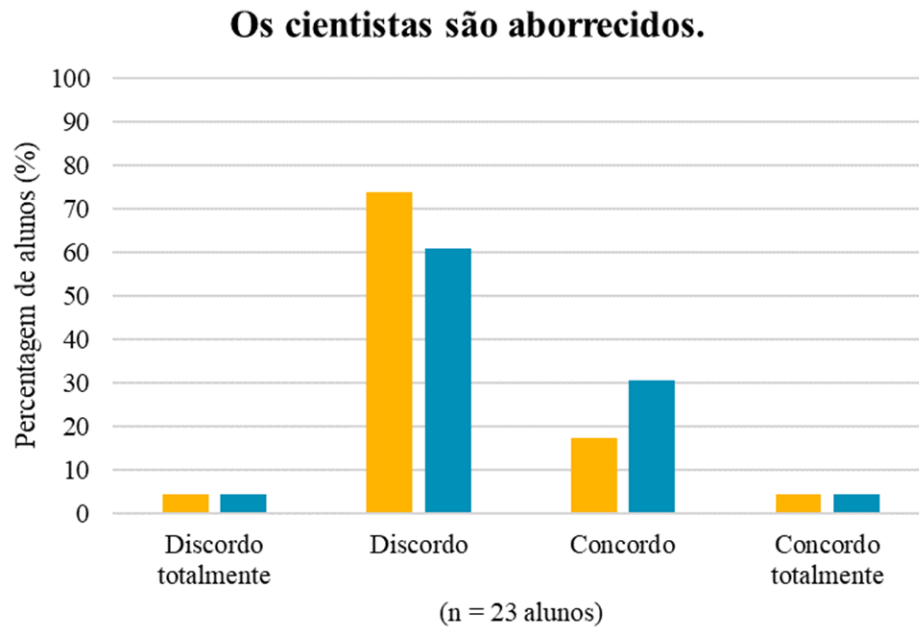


Figura 13. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são aborrecidos”.

#### O Cientista homem branco

Durante mais de cinco décadas, alunos de ambos os sexos representam os cientistas como sendo maioritariamente brancos, em que os poucos casos de representação de cientistas como sendo do sexo feminino eram feitos, na maior parte, por estudantes do sexo feminino (Thompson *et al.*, 2019). Contudo, na turma em estudo, a maioria dos alunos ( $\approx 61\%$ ) não concorda com a afirmação “Os cientistas são, na sua maioria, homens”. A literatura refere que jovens do sexo feminino têm tendência para assumir que os cientistas são homens (Conner e Danielson, 2016). No entanto, na turma, a minoria de casos de concordância com este preconceito está aproximadamente equidividida entre alunos do sexo feminino (4 alunas) e masculino (5 alunos). De igual forma, nos questionários pós-intervenção,  $\approx 61\%$  dos alunos não acha que os cientistas são maioritariamente caucasianos. Numa sociedade que se quer diversa e igualitária, na qual a escola deverá ter um papel basilar, é positivamente interessante ver, neste grupo de alunos, uma contradição face a estereótipos negativos de sexo e etnia. Concretamente neste segundo ponto, que pode permitir inferir que os alunos têm uma visão alargada daquilo que são os profissionais da Ciência, considerando que a cientista (do sexo feminino) é caucasiana.

### O cientista aborrecido

No que diz respeito ao interesse da pessoa-cientista, a intervenção aparenta representar uma mudança de ideias. Face à afirmação “os cientistas são aborrecidos”, verificou-se uma mobilização de 13% de discordância para o lado da concordância. Do ponto de vista observacional, vários fatores poderão estar na base desta mudança de atitude. Em vários momentos, a convidada usou terminologias que eram desconhecidas pelos alunos, relacionadas com temáticas que apenas serão abordadas nos 11.º e 12.º anos de escolaridade, e o tipo de linguagem usada era, por vezes, mais adequada a jovens adultos/alunos de cursos científicos de Ensino Superior. Zeidler e Lederman (1989) referem que o uso de linguagem comum por parte dos professores tem um impacto significativo nas conceções dos alunos sobre a natureza da Ciência. A afinidade que os alunos podem ter face ao cientista que se apresenta na sala de aula pode ser minada por um distanciamento de linguagem. Professores e, por associação, cientistas em contexto escolar, devem dar mais atenção à natureza da linguagem no ensino das Ciências (Oyoo, 2011).

Após a intervenção, verificou-se também uma diminuição de  $\approx 13\%$  na concordância com a frase “os cientistas são viciados em trabalho”, e um aumento de  $\approx 18\%$  na discordância com a frase “os cientistas são excêntricos”. As ideias extremas iniciais (discordo/concordo totalmente) relativamente a “os cientistas são génios”, foram também moderadas após a sessão (Figura 14). O contacto com a cientista parece ter normalizado a visão que se tem de um profissional de Ciência, aproximando-o de uma pessoa comum, cujo trabalho não é obrigatoriamente central na sua vida, e cujo comportamento e apresentação em sociedade não são extremados. Do ponto de vista social, porém, o caso aparenta mudar de figura. Enquanto, inicialmente, apenas  $\approx 9\%$  dos alunos concordava que os cientistas têm poucos amigos, após a intervenção, viu-se um incremento de  $\approx 17\%$  (Figura 15). Neste caso, a realização de entrevistas individuais aos alunos, sobre o tema, poderia revelar as motivações desta mudança de opinião, uma vez que, pela observação da aula dada pela cientista e interações dos alunos com a mesma não foi possível perceber a origem destes resultados.

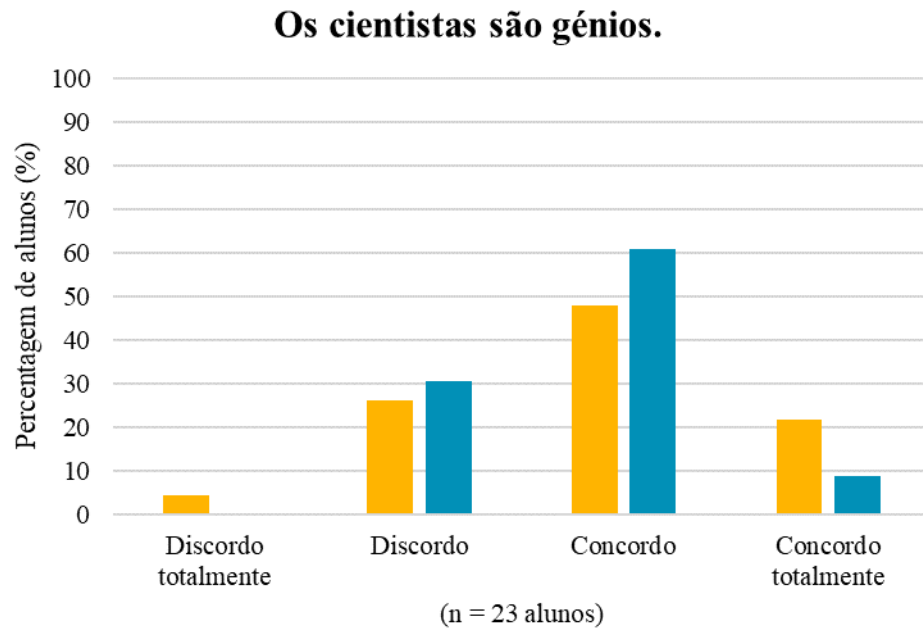


Figura 14. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são génios”.



Figura 15. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas não têm muitos amigos”.

Apesar da fuga aos preconceitos mostrada pela turma, para ela, o cientista continua a ser um *nerd*, mas não tanto (Figura 16). Como observador da aula dada pela convidada, foi-me possível verificar a casualidade da interação com os alunos e a ausência de excentricidade. A pessoa que se apresentou à frente da turma poderia

ter, à primeira vista, uma profissão qualquer. Possivelmente, esta “normalidade” pode justificar, também, um aumento das ideias de que os cientistas não são interessantes e são aborrecidos. Ainda, pode apresentar-se aqui uma das fragilidades da interação de cientistas com jovens, na sala de aula. Um elemento externo à sala, à escola e ao meio de ensino não tem conhecimento prévio sobre os conhecimentos dos alunos, nem sobre o seu nível de literacia científica, ou mesmo a dinâmica a que estão habituados, nas aulas de Ciências.

### Os cientistas são *nerds*.

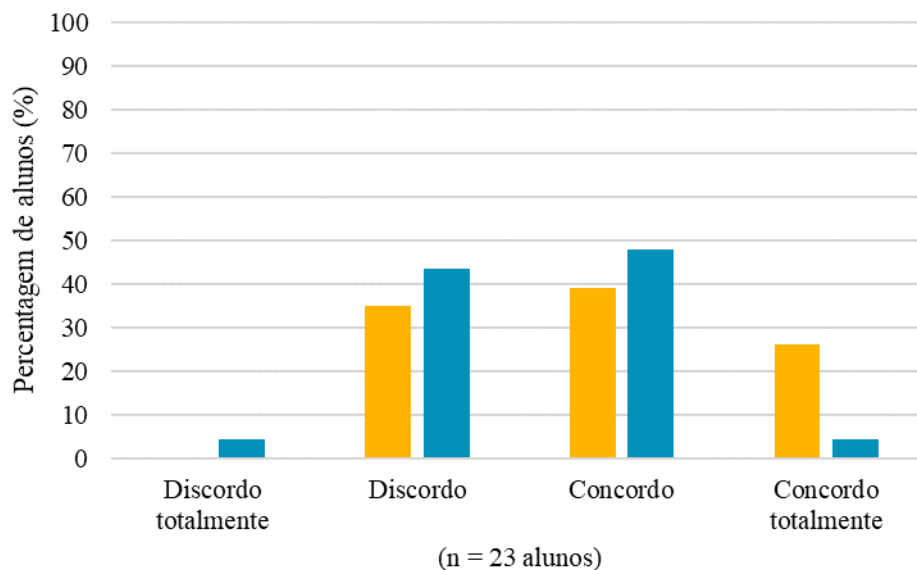


Figura 16. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os cientistas são *nerds*”.

Como elemento de contacto com a convidada, informei-a do programa da disciplina para o ano em questão, nomeadamente os conhecimentos adquiridos durante a minha intervenção como docente estagiário, antes da sua participação. Contudo, é impossível ter uma perceção do funcionamento da turma sem, pelo menos, uma observação prévia. A comunicação pode, assim, encontrar entraves. Durante a aula da convidada, foram abordados temas científicos de complexidade elevada e/ou com os quais os alunos poderão ter contacto em anos posteriores. Geram-se, então, momentos em que a figura do cientista, presente à sua frente, se pode ter tornado menos interessante, devido à falta de compreensão e, por isso, falhar a conexão com a mesma.

A duração da intervenção deve ser também considerada. No trabalho de Laursen *et al.* (2007), os cientistas não se tornaram modelos para os alunos porque a

curta duração do contacto não permitiu que se estabelecesse uma relação pessoal significativa.

### **6.3. Q3: Qual a influência do cientista sobre as perspetivas dos alunos de uma carreira ligada à Ciência?**

#### A vontade de ser cientista

Pouco menos de metade da turma revela intenções de ser cientista, contudo, após a intervenção da convidada, as perspetivas de seguir uma carreira ligada à Ciência mudaram de forma significativa, nos alunos. No questionário pré-intervenção, apenas  $\approx 9\%$  dos alunos não se mostrava interessado num futuro profissional ligado à Ciência, mas este valor passou a  $\approx 44\%$  nos resultados pós-intervenção (Figura 17). A frustração inerente ao trabalho científico foi um dos tópicos abordados e que poderá ter influenciado os alunos neste âmbito. A dependência de projetos e de bolsas, e as dificuldades de financiamento foram revelados à turma, transmitindo uma realidade pouco conhecida pelos jovens e poderá afastá-los do desejo de fazer um percurso científico. No entanto, não se verificou variação na percentagem de alunos que acha que uma carreira científica seria interessante ( $\approx 74\%$ ).

O contacto com a cientista poderá também ter servido para que os alunos vejam a disciplina de Biologia como um elemento de perspetivação de futuro profissional. Após a intervenção, verificou-se um aumento de  $\approx 22\%$  de alunos que concorda totalmente com a frase “a disciplina de Biologia apresentou-me oportunidades de carreira interessantes” (Figura 18). Os valores de concordância ( $\approx 78\%$  - concordo/concordo totalmente) contrastam com os do projeto ROSE, que indica apenas 40% dos alunos considerando que a Ciência ensinada na escola lhes apresentou oportunidades de emprego interessantes (Schreiner e Sjøberg, 2004). De facto, a convidada ocupou uma boa parte da sua apresentação a falar da parte prática do seu trabalho, mas também das atividades paralelas à investigação científica *per se*, mostrando-as como aliciantes (trabalho de campo, publicação de resultados e viagens para congressos).

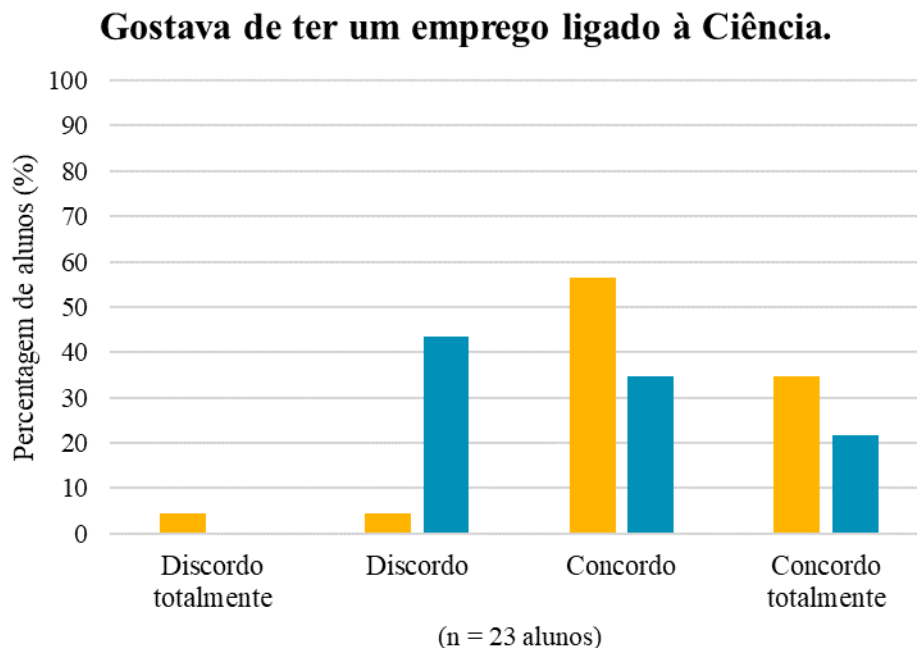


Figura 17. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Gostava de ter um emprego ligado à Ciência”.

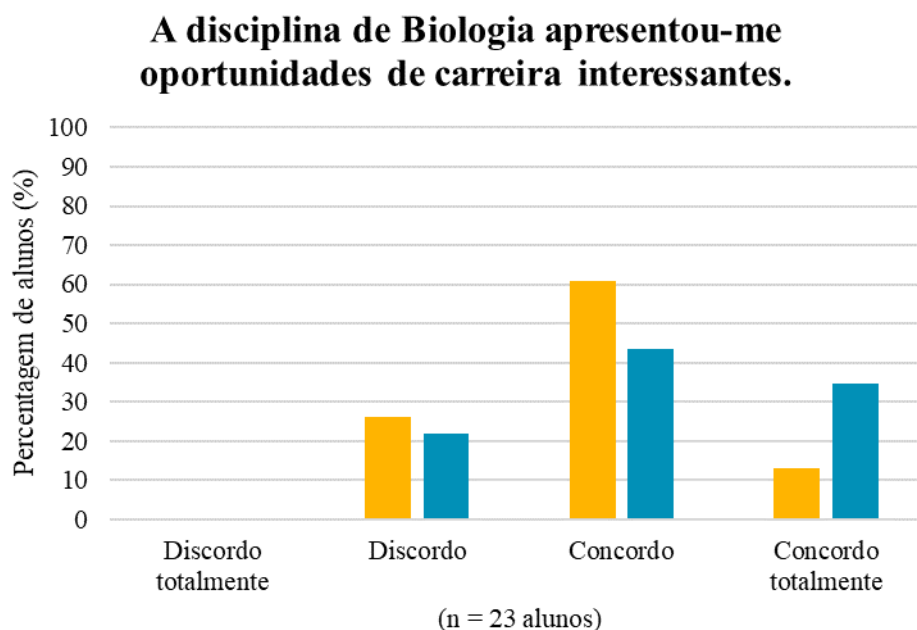


Figura 18. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “A disciplina de Biologia apresentou-me oportunidades de carreira interessantes”.

### Ser cientista para a família e para a comunidade

Verificou-se, também, uma variação na concordância com a afirmação “os meus pais/cuidadores ficariam satisfeitos se eu fosse cientista”. Aproximadamente

35% da turma deixou de concordar totalmente com esta frase, mobilizando-se para uma opinião mais moderada (Figura 19).

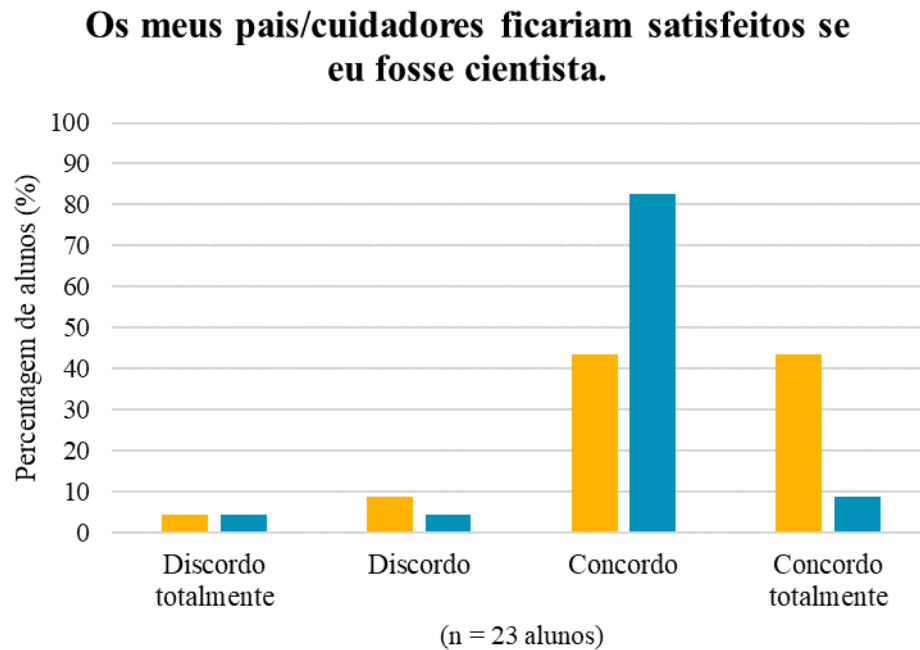


Figura 19. Comparação dos resultados dos questionários de afinidade antes (amarelo) e depois (azul) da intervenção da cientista, relativamente à afirmação “Os meus pais/cuidadores ficariam satisfeitos se eu fosse cientista”.

No âmbito da aferição da perceção da importância da Ciência para a vertente humana da sociedade, o questionário apresentou aos alunos a afirmação “ter um emprego científico permitir-me-ia ajudar os outros”. Verificou-se uma concordância geral da turma neste âmbito, que se uniformizou após a intervenção da cientista. No final,  $\approx 96\%$  dos alunos concordava ou concordava totalmente com a frase, face a apenas um aluno discordante. Neste caso, o projeto ROSE apresenta, para Portugal, uma visível diferença entre sexos. O interesse dos indivíduos do sexo masculino por “ajudar outras pessoas” (através da Ciência), é um pouco menor do que  $60\%$ , ao passo que, no sexo feminino, ultrapassa os  $90\%$  (Schreiner e Sjøberg, 2004). No presente estudo, apenas um elemento do sexo feminino não concordou com a afirmação.

A Ciência e as condições em que esta é feita são coisas diferentes. No contacto com a convidada, os alunos puderam ter uma visão mais realista do que é o trabalho científico: os projetos, os concursos, as necessidades e dificuldades de financiamento, a cultura de publicação de artigos científicos e apresentação de

resultados em conferências. Ou seja, ser cientista corresponde a mais do que fazer investigação. Esta visão mais realista pode ter causado a verificada diminuição de interesse em seguir uma carreira científica (Figura 17). De facto,  $\approx 57\%$  dos alunos ficou surpreendido com a descrição feita sobre o que é trabalhar em Ciência (Figura 20).

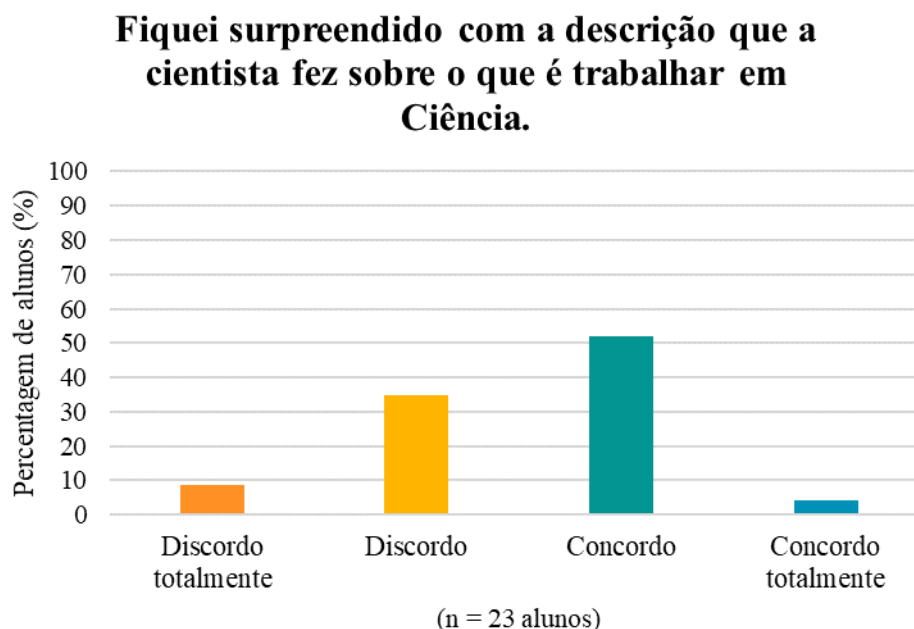


Figura 20. Nível de concordância com a frase "Fiquei surpreendido com a descrição que a cientista fez sobre o que é trabalhar em Ciência", do questionário de afinidade pós-intervenção.

Após a aula da cientista,  $\approx 30\%$  dos alunos deixou de achar o trabalho de cientista como intelectualmente estimulante. Um grupo-foco permitiria entender as motivações dos participantes para esta mudança de opinião. Não obstante, esta pode estar relacionada com os pontos referidos anteriormente: o cientista não só não é uma pessoa fora do comum, como é relativamente aborrecido, pelo que se pode depreender que não tem um trabalho muito estimulante, apesar de  $\approx 48\%$  achar que as profissões científicas são para génios.

#### **6.4. Q4: Quais as potencialidades de uma intervenção didática, com participação de um profissional da Ciência, na compreensão de conteúdos?**

##### Princípio versus fim da intervenção

Num contacto limitado com a turma, não é possível avaliar a real aprendizagem dos conteúdos lecionados. Mantém-se a questão de se, passado um

mês ou um ano, os alunos conseguem apresentar ainda o mesmo grau de compreensão dos processos que fazem com que as plantas convertam matéria inorgânica em orgânica, e energia luminosa em química. Os momentos de avaliação diagnóstica e sumativa serviram, então, para obter uma visão da evolução dos conhecimentos da turma, num momento próximo da apresentação de conteúdos, em que as memórias das aulas ainda são recentes. A Tabela 4 apresenta uma comparação de resultados entre os conhecimentos prévios dos alunos, no início da intervenção (aula 1) e os adquiridos ao longo das 12 aulas.

Tabela 4. Comparação de resultados para 10 questões com resposta de escolha múltipla – avaliação diagnóstica realizada na primeira versus avaliação sumativa realizada na última aula. (\*Resposta com duas opções corretas; valores correspondem à seleção de cada uma das opções, individualmente.)

| Questão   | Respostas certas (%)           |                              |
|---|--------------------------------|------------------------------|
|   | Avaliação diagnóstica (aula 1) | Avaliação sumativa (aula 12) |
| Que tipo de organismos é capaz de produzir o seu próprio alimento, a partir de substâncias inorgânicas, por processos dependentes da luz? | 14,3                           | 81,8                         |
| O processo através do qual organismos autotróficos convertem energia luminosa em energia química chama-se:                                | 76,2                           | 63,6                         |
| Que pigmento (ou pigmentos) é responsável pela captura da energia solar, durante a fotossíntese?  | 85,7/4,8*                      | 95,5/68,2*                   |
| Quais os organelos celulares onde ocorre a fotossíntese?  | 81,0                           | 86,4                         |
| Qual das seguintes moléculas não é incluído na equação geral da fotossíntese?   | 100                            | 86,4                         |
| As reações dependentes da luz da fotossíntese ocorrem em que compartimento celular?   | 42,9                           | 77,3                         |
| Durante as reações dependentes da luz, para que é usada a energia solar?  | 14,3                           | 22,7                         |
| Em que região da célula ocorre o Ciclo de Calvin?   | 38,1                           | 77,3                         |
| As moléculas de ATP e NADPH produzidas nas reações dependentes da luz, são usadas no Ciclo de Calvin para:                                | 19,0                           | 54,5                         |
| Quais as duas principais fases da fotossíntese?   | 28,6                           | 77,3                         |

Observa-se que, em 10 questões, houve melhorias em 8, entre a primeira e a última aulas. Além da real compreensão de conteúdos, não se descarta a possibilidade de alguns alunos terem memória da discussão dos primeiros resultados e, por isso, responderem acertadamente no segundo questionário.

### Cientista para aprendizagem

O papel da cientista nesta aquisição de conhecimentos é também de difícil aferição e quantificação. Por um lado, a sua intervenção não teve um foco explícito nos conteúdos previstos para o subdomínio abordado; por outro, a conexão e

integração entre a aula da convidada e a restante matéria foram da responsabilidade do docente estagiário. Em trabalhos futuros, uma intervenção mais próxima, ao longo de várias aulas e com maior colaboração cientista-professor poderá permitir elementos mais conclusivos sobre o papel do cientista na sala de aula, para a aprendizagem de conteúdos.

Historicamente, o contacto entre universidades e o público é visto como importante para a economia e para uma sociedade democrática (Andrews *et al.*, 2005). No entanto, uma perspetiva de prolongamento de interação pode ser limitada. Uma série de fatores dificulta o envolvimento de membros da academia com as escolas. Andrews *et al.* (2005) apresenta uma maioria de cientistas que cita restrições de tempo e quantidade de aulas (do Ensino Superior) como impedimentos para uma aproximação a níveis de ensino mais baixos, bem como necessidade de criar atividades, estabelecer parcerias e organizar logísticas. Reporta-se também um reduzido reconhecimento e gratificação por este tipo de atividades, mesmo que os intervenientes não os procurem (Andrews *et al.*, 2005). Intervenções com base em projetos, em associações entre cientistas e alunos, poderão ser um incremento ao trabalho realizado. Os alunos tornam-se participantes mais ativos numa investigação científica que estabelece reais momentos de colaboração entre estes, professores e investigadores (Evans *et al.*, 2001).

## 7. Reflexão global e considerações finais

### Ensino expositivo, 5Es, aprendizagens essenciais e PASEO

Como referido anteriormente, para garantir que a intervenção de uma cientista na sala de aula fosse um elemento central nas (eventuais) mudanças de perceções, por parte dos alunos, sobre a Ciência, foi adotado um método de ensino, nas aulas por mim lecionadas, que permitisse considerar três pontos importantes: 1) garantir que as aulas não eram demasiado disruptivas, relativamente àquilo a que os alunos estão já habituados, no contacto com a docente cooperante; 2) ensinar de forma efetiva conteúdos complexos e tidos como desinteressantes; 3) apresentar, de forma construtiva, todos os conteúdos previstos para o subdomínio de “obtenção de matéria por seres vivos autotróficos”, dentro das limitações temporais impostas. Assim, na sua generalidade, as aulas funcionaram de um modo expositivo-interativo, conforme explanado na secção 2.5. Lecionação expositiva com interação”.

As fases do modelo dos 5Es (Ruiz-Martín e Bybee, 2022) são, neste enquadramento, bastante importantes e segui-las de forma consciente foi essencial para o bom desenrolar das aulas e, possivelmente, para a avaliação positiva de aprendizagens. Os momentos de envolvimento, como a leitura comentada de textos e as atividades de grupo, foram fulcrais para mostrar a fotossíntese como um tema interessante, e tornar as aulas mais dinâmicas, favorecendo o raciocínio e a interação entre alunos. Ao mesmo tempo, foram explorando conceitos e, através da constante interação e questionamento, elaborando os seus pensamentos, construindo, eles próprios, uma cadeia de conceitos com sentido lógico, e que lhes permitiu sucessivas compreensões. Entender a fotossíntese, na última aula, implica, obrigatoriamente, associar conceitos apresentados em todas as aulas anteriores, e o entendimento demonstrado pelos alunos é prova do sucesso da metodologia de ensino aplicada. Ainda, os momentos de avaliação foram pautados por uma revisão imediata, permitindo aos alunos discutir o seu trabalho logo após o completarem. No caso do momento de avaliação sumativa (aula 12), tendo o aluno como elemento central, o próprio planeamento da avaliação foi flexibilizado e adaptado para ser, simultaneamente, um momento de consolidação de conhecimentos.

No referente às aprendizagens previstas pela DGE, considero que estas foram alcançadas. A atividade realizada com a cientista e o momento de leitura comentada

(aulas 6 e 7) consistiram em momentos de interpretação de estudos experimentais e controlo de variáveis, e o questionamento constante ao longo de todas as aulas trabalhou a formulação e comunicação de opiniões críticas, cientificamente fundamentadas, conforme previsto para as aprendizagens essenciais transversais mencionadas na Tabela 2. Nas aprendizagens elencadas por domínio, os alunos demonstraram um entendimento do funcionamento da obtenção de matéria por organismos fotossintéticos, com mobilização de conhecimentos da disciplina de Físico-química.

A implementação do planeamento das aulas permitiu trabalhar várias áreas de competências previstas pelo PASEO (Martins *et al.*, 2017), nomeadamente: o estudo de textos; a constante comunicação de ideias; o pensamento crítico e criativo, e o relacionamento interpessoal, nomeadamente nas atividades em grupo; o saber científico, ao longo de toda a intervenção e construção de conhecimentos; e a abordagem à vertente de bem-estar, saúde e ambiente, com a reflexão sobre a sustentabilidade, nomeadamente na interação com a convidada.

#### A recolha de informação

Para a obtenção de respostas às questões investigativas, nomeadamente Q1, Q2 e Q3, a metodologia usada foi adequada para gerar uma base de resultados que permitiu uma comparação rápida e concreta entre momentos, enquadrando-se num cenário de conteúdos normalmente desinteressantes e difíceis para os alunos, e de limitação do número de aulas para lecionação. Consideram-se, contudo, limitações; questionários realizados no final de um evento (neste caso, na aula seguinte à da intervenção da convidada) são uma melhor indicação da apreciação dos participantes pelo momento, do que do real alcance dos objetivos da atividade (Laursen *et al.*, 2007). Ao mesmo tempo, a mudança de atitudes pode não ser suficiente para estabelecer uma relação causal com o evento em análise (Lott, 2003).

#### A efetividade

A relação deste tipo de ações junto dos alunos com o futuro ingresso na Ciência como profissão, tem também uma limitação temporal. Daqui a (pelo menos) dois anos, quantos dos 23 alunos ingressaram em cursos STEM? Daqui a 10 anos, quantos têm empregos científicos? E desses, quantos irão referir que as suas escolhas de carreira foram influenciadas pelo contacto com cientistas, na adolescência? Crane

(1994) refere que intervenções de curta duração, como a constante neste trabalho, têm resultados mais imediatos e que são essencialmente afetivos, quando comparados com outras estratégias, como a alteração curricular ou desenvolvimento profissional do professor.

De resto, há também que considerar que os alunos participantes constituem um grupo pré-selecionado. São alunos num curso de Ciências e Tecnologias, o que indica que, à partida, terão já uma predisposição para a aprendizagem e o trabalho científicos. Um trabalho semelhante poderia ser realizado com turmas de 3.º ciclo, nomeadamente do 9.º ano e, posteriormente, verificar de que forma o contacto com um cientista influenciou a escolha do curso de Ensino Secundário.

### A afetividade

As evidências sugerem que alunos que têm boas relações com professores, pais e pares desenvolvem atitudes positivas relativamente à Ciência (Holubec *et al.*, 2007). No exercício de me colocar numa posição de observador das aulas dadas por mim, apercebo-me que a boa relação que os alunos mantêm com a professora cooperante foi, em parte, partilhada comigo. Ao mesmo tempo, foi possível gerar, com as atividades de grupo, momentos de boa interação pedagógica entre alunos. Os resultados das avaliações podem não ser reveladores de efetivas aprendizagens, mas o bom desenvolvimento das aulas pode ter sido um elemento de união entre jovens e Ciência.

O trabalho realizado pretendeu gerar uma imagem daquilo que pode ser o potencial do cientista na sala de aula, para os alunos. No entanto, este tipo de visitas pode ser útil também para os docentes. De facto, a literatura sugere que parcerias entre cientistas e a sala de aula, na pessoa do professor, podem levar, para este, a um aumento de conhecimento científico, aprendizagem de novas capacidades de ensino de Ciência *hands on* e *inquiry-based*, e uma melhoria das colaborações entre pares (Ufnar e Sheperd, 2018).

Neste trabalho, verifica-se uma diminuição no interesse pelas carreiras científicas, o que poderá ser um resultado da realidade da sua representação. A convidada apresentou algumas vicissitudes da vida de cientista, e a verdade é que, se há uma redução de ingressos na profissão, observa-se também uma diminuição do desejo de permanecer nela. Na Austrália, por exemplo, um quinto dos cientistas ponderava, em 2021, abandonar definitivamente a profissão num futuro próximo

(Hare, 2021), e este abandono da profissão não é recente. Num compêndio de Preston (2004), sobre um estudo realizado nos anos 80, é referido que quase 10% dos cientistas questionados trocou a profissão pelo desemprego ou por um trabalho não relacionado com a Ciência.

### A experiência de lecionação

Numa hipotética repetição deste trabalho, a componente de intervenção de uma pessoa externa na aula mereceria um planeamento mais detalhado. Como professor-organizador, devo preparar o momento de forma que o pouco tempo de contacto entre alunos e convidado não seja limitado por questões de linguagem ou de falta de conhecimentos base. Na tentativa de dar aos alunos um momento de ensino e aprendizagem diferente daquilo a que estão habituados e, nesse sentido, criar algo impactante, não podem ser descuradas as circunstâncias limitantes que resultam da mistura entre alunos habituados a um estilo de aulas com um profissional, normalmente, habituado a lidar com um público com uma maior preparação científica.

Não obstante, acredito que o professor pode ter um papel essencial na integração do momento único do cientista com o contínuo de aulas da disciplina. Independentemente da preparação do evento de contacto, cabe ao professor (como me coube exclusivamente a mim) estabelecer a ligação entre o que são os conteúdos específicos transmitidos por uma convidada e o que são as minhas aulas e os objetivos de aprendizagem por mim definidos. Neste sentido, como referido anteriormente, o contacto entre cientistas e escolas é importante para a formação dos jovens, mas também para a formação dos professores, que desempenharão esta tarefa de “mediadores didáticos” tanto melhor quanto mais familiarizados estiverem com as componentes científicas abordadas.

Os momentos de aprendizagem, para mim, como futuro docente, foram permanentes ao longo dos 12 tempos letivos. A forma de interação com alunos com diferentes níveis de conhecimentos, de facilidade de interpretação, de linguagens e de formas de raciocínio foi um positivo (e constante) desafio, que creio ter resultado, se não em aprendizagens, em momentos que possam ter tornado diminuído a “cegueira a plantas” de 23 (talvez) futuros cientistas.

### De 12 aulas para os próximos anos

Tendo, eu próprio, iniciado uma carreira científica e, rapidamente, tendo sentido a necessidade de aproximar a Ciência às camadas mais jovens da sociedade, fez-me sentido abordar de forma didática e investigativa uma das maneiras como essa aproximação pode acontecer. Nomeadamente, dando os primeiros passos na carreira de ensino, fazê-lo de forma análoga: da mesma maneira que eu fui parar às salas de aula, levar um cientista a fazer o mesmo, eventualmente contrariando a popularidade atual das aulas fora da sala e fora da escola. A temática a lecionar não foi uma prioridade no planeamento inicial da prática de ensino, mas a conjuntura de calendário e disponibilidade temporal da docente cooperante fizeram com que pudesse usar uma intervenção externa, também, como momento de motivação dos alunos para conteúdos que lhes são, normalmente, pouco queridos. Reuniram-se, portanto, várias condições para a construção de um conjunto de aulas desenhadas para que os alunos aprendessem sobre temas complexos e, simultaneamente, fossem cativados para as Ciências e os trabalhos científicos.

Como referido anteriormente, várias circunstâncias moldaram a forma como as aulas foram programadas. Ao fim de dois anos de Mestrado em Ensino da Biologia e Geologia, depois de tantas dinâmicas e tanto estudo sobre as melhores formas de ensinar, adotar para o trabalho final uma metodologia essencialmente expositiva aparenta ser contraproducente. No entanto, pareceu-me ser aquela que permitiria um melhor encaixe dentro dos limites que a situação colocada (gestão de tempo, dificuldade dos conteúdos, primazia da interação com a convidada) e os resultados positivos dos alunos ao longo das aulas, e na avaliação sumativa, são prova de que, podendo não ser a única, foi uma escola acertada. Ao mesmo tempo, confesso que o método é um que, possivelmente, resulta da transposição daquilo que funcionava comigo como aluno, nomeadamente nas aulas de Biologia e Geologia. Esta autoanálise é uma que fiz durante a construção do planeamento das aulas, ao longo da escrita deste relatório, e que espero ir fazendo ao longo do meu futuro como professor: quanto das metodologias que uso vem de escolhas conscientes e quanto vem da minha experiência pessoal, sem justificação didática concreta? Por outro lado, esta experiência de ensino lembrou-me da relevância que a relação aluno-professor pode ter para o sucesso do/no ensino e aprendizagem. Do ponto de vista do observador, as aulas da docente cooperante são fortemente marcadas por uma boa relação com os alunos. É o tipo de relação que (em óbvia menor estala) tentei ter com

os alunos da turma intervencionada e que vai de encontro àquilo que são as minhas visões de uma profissão que tem, na base, a relação entre seres humanos. Certamente, esta temática seria suficiente para todo um novo trabalho, mas a experiência empírica mostra-me que uma boa relação entre professor e os seus alunos pode ter, além de bons resultados na gestão da aula, bons resultados no aproveitamento dos alunos (e futuros cientistas?).

Os moldes em que a intervenção com a turma foi feita permitiram que fosse exposta a uma série de dificuldades. A falta de tempo é um *cliché* impossível de se escapar e que se associa aos restantes problemas. Entre constrangimentos técnicos, e dissonância entre perspetivas sobre a interação turma-cientista e real intervenção, houve necessidade de reajustar apresentações, sequências de conteúdos e linguagem, por vezes, com menos de 24 horas entre aulas. Nestes momentos, escassa o tempo para um pensamento mais ponderado sobre as decisões tomadas e verifica-se o quão essencial é a planificação de uma sequência de aulas. Foi a existência desta planificação, feita com meses de antecedência, e devidamente revista, que permitiu uma melhor gestão das disrupções, considerando os momentos e objetivos das aulas alteradas e tendo em vista as aulas seguintes. O tipo de linguagem usada com os alunos seria também tema para outro trabalho: é necessário um equilíbrio entre usar (e ensinar) uma linguagem cientificamente correta e relevante, usar a língua portuguesa de forma correta, e usar uma linguagem que seja acessível aos alunos e com a qual eles se identifiquem. Por vezes, a falta de entendimento dos alunos nalguns tópicos deveu-se a uma incompatibilidade entre estes três pontos. Além da atualização de conteúdos científicos, prevejo que o meu trabalho vá consistir, também, numa atualização de uma linguagem juvenil em constante evolução.

Dentro das dificuldades encontradas, o papel da docente cooperante foi uma lição de autonomia pedagógica. A constante reflexão sobre cada aula nunca resultou em indicações de caminhos de ação a seguir; as consequências das minhas escolhas durante o ensino seriam minhas e para minha reflexão e aprendizagem. Essa ausência de *guidelines* foi, precisamente, promotora de uma maior e constante autoanálise; qualquer erro da minha parte não seria desculpado por estar a seguir orientações “superiores”. Aqui, o que acontece no estágio é, novamente, uma amostra daquilo que acontecerá ao longo da minha futura carreira.

No final deste estágio, com visão no futuro, talvez a presença de uma cientista na sala de aula, de forma pontual, não tenha o mesmo impacto que a personagem interpretada por Gillian Anderson, na série *Ficheiros Secretos* (1993-2018), que influenciou uma geração de mulheres a estudar e seguir carreiras STEM (Knowles, 2018). Porém, pode representar pontos de contacto entre alunos, com representações reais da figura do profissional da Ciência, particularmente estudantes do curso de Ciências e Tecnologias. Este estudo de caso mostra que, com tempo e recursos limitados, é possível implementar momentos de inovação na sala de aula, que beneficiam professores e escolas, cientistas e universidades e, acima de tudo, alunos e futuros profissionais.

## 8. Referências

- Ahmad M, Wolberg A, Kahwaji CI. Biochemistry, Electron Transport Chain. [Updated 2023 Sep 4]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526105/>
- Aldridge, J., & Fraser, B. (2008). Outcomes-focused learning environments: determinants and effects. Sense Publishers.
- Alhadabi, A. (2021). Science Interest, Utility, Self-Efficacy, Identity, and Science Achievement Among High School Students: An Application of SEM Tree. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.634120>
- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., & Norman, M. K. (2010). *How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching* (1st ed.). Jossey-Bass.
- Andrews, E., Weaver, A., Hanley, D., Shamatha, J., & Melton, G. (2005). Scientists and Public Outreach: Participation, Motivations, and Impediments. *Journal of Geoscience Education*, 53(3), 281–293. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-53.3.281>
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). “Not girly, not sexy, not glamorous”: primary school girls’ and parents’ constructions of science aspirations<sup>1</sup>. *Pedagogy, Culture & Society*, 21(1), 171–194. <https://doi.org/10.1080/14681366.2012.748676>
- Artal-Sevil, J., Romero, E., & Artacho, J. (2017). Quic surveys in classroom. Mobile phone, a powerful teaching tool. 9282–9291.
- Bacovic, M., Andrijasevic, Z., & Pejovic, B. (2021). STEM Education and Growth in Europe. *Journal of the Knowledge Economy*, 13, 2348–2371. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00817-7>
- Baldock, K., & Murphrey, T. (2020). Secondary Students’ Perceptions of Inquiry-based Learning in the Agriculture Classroom. *Journal of Agricultural Education*, 61(1), 235–246. <https://doi.org/10.5032/jae.2020.01235>
- Becker, G. (1994). Human capital revised. In *Human capital: a theoretical and empirical analysis with special reference to education* (pp. 15–28). The University of Chicago Press.
- Black, P., & William, D. (2005). The formative purpose: Assessment must first promote learning. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 103(2), 20–50. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7984.2004.tb00047.x>
- Blotnicky, K. A., Franz-Ondendaal, T., French, F., & Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM

- career among middle school students. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0118-3>
- Boyer, E. L. (1996). The Scholarship of Engagement. *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences*, 49(7), 18–33. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/3824459>
- Briggs, D., Alonzo, A., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). Diagnostic Assessment With Ordered Multiple-Choice Items. *Educational Assessment*, 11(1), 33–63. [https://doi.org/10.1207/s15326977ea1101\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326977ea1101_2)
- Bruce, B. C., Bruce, S. P., Conrad, R. L., & Huang, H.-J. (1997). University science students as curriculum planners, teachers, and role models in elementary school classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 69–88. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2736\(199701\)34:1%3C69::aid-tea6%3E3.0.co;2-m](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199701)34:1%3C69::aid-tea6%3E3.0.co;2-m)
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. In *Science Education*. Heinemann Publications.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1990). Science for Life & Living: An Elementary School Science Program from Biological Sciences Curriculum Study. *The American Biology Teacher*, 52(2), 92–98. <https://doi.org/10.2307/4449042>
- Bybee, R. W., & Morrow, C. A. (1998). Improving science education: The role of scientists. In *Newsletter of the Forum on Education of the American Physical Society*.
- Cavallo, A. M. L., & Laubach, T. A. (2001). Students' science perceptions and enrollment decisions in differing learning cycle classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(9), 1029–1062. <https://doi.org/10.1002/tea.1046>
- Celia A. Evans, Eleanor D. Abrams, Rock, B. N., & Shannon L. Spencer. (2001). Student/Scientist Partnerships: A Teachers' Guide to Evaluating the Critical Components. *The American Biology Teacher*, 63(5), 318–323. <https://doi.org/10.2307/4451118>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2008). Learning by viewing versus learning by doing: Evidence-based guidelines for principled learning environments. *Performance Improvement*, 47(9), 5–13. <https://doi.org/10.1002/pfi.20028>
- Cohen-Scali, V. (2003). The Influence of Family, Social, and Work Socialization on the Construction of the Professional Identity of Young Adults. *Journal of Career Development*, 29(4), 237–249. <https://doi.org/10.1177/089484530302900402>
- Colwell, R. R., & Eamon John Kelly. (1999). Science Learning, Science Opportunity. *Science*, 286(5438), 237–237. <https://doi.org/10.1126/science.286.5438.237>

- Conner, L. D. C., & Danielson, J. (2016). Scientist role models in the classroom: how important is gender matching? *International Journal of Science Education*, 38(15), 2414–2430. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1246780>
- Covino, K., & Rehrig, E. (2023). Countering “Plant Apathy” - Using Kenneth Oppel’s Bloom as a Motivating Tool for Teaching Plant Science to Students. In P. Greathouse, M. Hundley, & S. Wendt (Eds.), *Exploring Science through Young Adult Literature*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Crane, V. (1994). *An introduction to informal science learning and research*. In *Informal Science Learning*. Research Communications Ltd.
- Creswell, J. (2009). *Mixed Methods Procedures*. In *Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications Inc.
- David Ricky Matsumoto. (2009). *The Cambridge dictionary of psychology*. Cambridge University Press.
- DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2013). Nerdy, brainy and normal: children’s and parents’ constructions of those who are highly engaged with science. *Research in Science Education*, 43(4), 1455–1476. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9315-0>
- Direção Geral da Educação. (2018a). *Aprendizagens Essenciais - Biologia e Geologia 10.o ano*. In *Aprendizagens Essenciais - Articulação com o Perfil dos Alunos*. República Portuguesa.
- Direção Geral da Educação. (2018b). *Aprendizagens Essenciais - Cidadania e Desenvolvimento - Ensino Básico e Secundário*. In *Aprendizagens Essenciais - Articulação com o Perfil dos Alunos*. República Portuguesa.
- Drori, G. (1998). A Critical Appraisal of Science Education for Economic Development. In *Socio-Cultural Perspectives on Science Education* (pp. 49–74). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5224-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5224-2_4)
- Durant, J. R., Evans, G. A., & Thomas, G. P. (1989). The public understanding of science. *Nature*, 340(6228), 11–14. <https://doi.org/10.1038/340011a0>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Fitzakerley, J. L., Michlin, M. L., Paton, J., & Dubinsky, J. M. (2013). Neuroscientists’ Classroom Visits Positively Impact Student Attitudes. *PLoS ONE*, 8(12), e84035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084035>
- Flick, L. (1990). Scientist in residence program improving children's image of science. *School science and mathematics*, 90(3), 204-214.

- Fougere, M. (1998). The Educational Benefits to Middle School Students Participating in a Student/Scientist Project. *Journal of Science Education and Technology*, 7(1), 25–30. <https://doi.org/10.1023/A:1022580015026>
- Fralick, B., Kearn, J., Thompson, S., & Lyons, J. (2008). How Middle Schoolers Draw Engineers and Scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 60–73. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9133-3>
- Fraser, B., McLure, F., & Koul, R. (2020). Assessing Classroom Emotional Climate in STEM classrooms: developing and validating a questionnaire. *Learning Environments Research*, 24. <https://doi.org/10.1007/s10984-020-09316-z>
- Gago, J. M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., Davies, G., Parchmann, I., Rannikmae, M., Sjoberg, S. (2004). Europe Needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693–705. <https://doi.org/10.1002/sce.10039>
- Griethuijzen, R. A. L. F., Eijck, M. W., Haste, H., den Brok, P. J., Skinner, N. C., Mansour, N., Savran Gencer, A., & BouJaoude, S. (2014). Global Patterns in Students' Views of Science and Interest in Science. *Research in Science Education*, 45(4), 581–603. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9438-6>
- Hangarter, R. P., & Gest, H. (2004). Pictorial Demonstrations of Photosynthesis. *Photosynthesis Research*, 80(1-3), 421–425. <https://doi.org/10.1023/b:pres.0000030426.98007.6a>
- Hare, J. (2021, October 10). Scientists abandon profession as morale, job security sink: survey. *Financial Review*. <https://www.afr.com/work-and-careers/education/scientists-abandon-profession-as-morale-job-security-sink-survey-20211008-p58yei>
- Hattan, C., Singer, L., Loughlin, S., & Alexander, P. (2015). Prior knowledge activation in design and in practice. *Literacy Research: Theory, Method, and Practice*, 64(1), 478–497.
- Hignett, S., & McDermott, H. (2015). *Qualitative Methodology*. In *Evaluation of Human Work*. CRC Press.
- Hill, P. W., McQuillan, J., Spiegel, A. N., & Diamond, J. (2017). Discovery Orientation, Cognitive Schemas, and Disparities in Science Identity in Early Adolescence. *Sociological Perspectives*, 61(1), 99–125. <https://doi.org/10.1177/0731121417724774>
- Holubec, B., Schmidt, S., Anderson-Trevino, M., Wingenbach, G. J., & Lindner, J. R. (2007). Scientists' Classroom Visits and Middle School Students' Interests in Science Careers. *NACTA Journal*, 51(1), 45–51. <http://www.jstor.org/stable/43766228>

- Jarreau, P. (2019, May 16). Scientists Who Selfie Break Down Stereotypes. American Scientist. <https://www.americanscientist.org/blog/macroscope/scientists-who-selfie-break-down-stereotypes>
- Jebb, A. T., Ng, V., & Tay, L. (2021). A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019. *Frontiers in Psychology*, 12(1), 1–14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.637547/full>
- Kim, M. (2018). Understanding children's science identity through classroom interactions. *International Journal of Science Education*, 40(1), 24–45.
- Kimball, D., & Holyoak, K. (2000). Transfer and expertise. In *The Oxford handbook of memory* (pp. 109–122).
- Klenowski, V. (2009). Assessment for Learning revisited: an Asia-Pacific perspective. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 16(3), 263–268.
- Knowles, C. E. (2018). A Woman's Place Is in the Morgue: Understanding Scully in the Context of 1990s Feminism. *M/c Journal*, 21(5). <https://doi.org/10.5204/mcj.1465>
- Knox, K. L., Moynihan, J. A., & Markowitz, D. G. (2003). Evaluation of Short-Term Impact of a High School Summer Science Program on Students' Perceived Knowledge and Skills. *Journal of Science Education and Technology*, 12(4), 471–478. <https://doi.org/10.1023/b:jost.0000006306.97336.c5>
- Koehler, B. G., Park, L. Y., & Kaplan, L. J. (1999). Science for Kids Outreach Programs: College Students Teaching Science to Elementary Students and Their Parents. *Journal of Chemical Education*, 76(11), 1505. <https://doi.org/10.1021/ed076p1505>
- Laursen, S., Liston, C., Thiry, H., & Graf, J. (2007). What Good Is a Scientist in the Classroom? Participant Outcomes and Program Design Features for a Short-Duration Science Outreach Intervention in K–12 Classrooms. *CBE—Life Sciences Education*, 6(1), 49–64. <https://doi.org/10.1187/cbe.06-05-0165>
- Lee, S. S. U., Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (2003). Teacher–Student Interactions in Korean High School Science Classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 67–85. <https://doi.org/10.1023/a:1026191226676>
- Lena Ballone Duran, & Duran, E. (2004). The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching. *The Science Education Review*, 3(2), 49–58.
- Lott, H. (2003). Evaluation of a statewide science inservice and outreach program: teacher and student outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 12, 65–80.

- Luo, T., So, W. W. M., Wan, Z. H., & Li, W. C. (2021). STEM stereotypes predict students' STEM career interest via self-efficacy and outcome expectations. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00295-y>
- Ma, X., & Wilkins, J. L. M. (2002). The development of science achievement in middle and high schools: Individual differences and school effect. *Evaluation Review*, 26(4), 395–417. <https://doi.org/10.1177/0193841x02026004003>
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). STEM: country comparisons: International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. - Final report. Australian Council of Learned Academies.
- Markowitz, D. G. (2004). Evaluation of the Long-Term Impact of a University High School Summer Science Program on Students' Interest and Perceived Abilities in Science. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 395–407. <https://doi.org/10.1023/b:jost.0000045467.67907.7b>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822.
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, Ma., Nery, R., & Rodrigues, S. (2017). Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória. Ministério da Educação/Direção Geral da Educação.
- McKeown, R. (2003). Working with K–12 Schools: Insights for Scientists. *BioScience*, 53(9), 870–875. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0870:wwksif\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0870:wwksif]2.0.co;2)
- Mead, M., & Metraux, R. (1957). Image of the Scientist among High-School Students: A Pilot Study. *Science*, 126(3270), 384–390. <https://doi.org/10.1126/science.126.3270.384>
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass, Cop.
- Messinger, J., & Shevela, D. (2011). Principles of photosynthesis. In D. S. Ginley & D. Cahen (Eds.), *Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability* (pp. 302–314). Cambridge University Press.
- Mirasi, W., Osodo, J., & Kibirige, I. (2013). Comparing guided discovery and exposition-with-interaction methods in teaching Biology in Secondary Schools. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(14), 81–87. <https://doi.org/10.5901/mjss.2013.v4n14p81>
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. National Academy Press.

- Nwagbo, C. (2006). Effects of two teaching methods on the achievement in and attitude to biology of students of different levels of scientific literacy. *International Journal of Educational Research*, 45(3), 216–229. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2006.11.004>
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007). The Impact of Science Knowledge, Reading Skill, and Reading Strategy Knowledge on More Traditional “High-Stakes” Measures of High School Students’ Science Achievement. *American Educational Research Journal*, 44(1), 161–196. <https://doi.org/10.3102/0002831206298171>
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE). (2008). Encouraging student interest in science and technology studies. *Global Science Forum*.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Oyoo, S. O. (2011). Language in Science Classrooms: An Analysis of Physics Teachers’ Use of and Beliefs About Language. *Research in Science Education*, 42(5), 849–873. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9228-3>
- Pan, S. C., & Rickard, T. C. (2018). Transfer of test-enhanced learning: Meta-analytic review and synthesis. *Psychological Bulletin*, 144(7), 710–756. <https://doi.org/10.1037/bul0000151>
- Piaget, J. (1970). *Structuralism*. Harper and Row.
- Pickett, R. (2009, April 6). The “Scientist” Stereotype. *Lab Manager*. <https://www.labmanager.com/scientist-stereotype-is-it-working-for-or-against-you-20514>
- President's Council of Advisors on Science and Technology. (2010). Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America’s future. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-stem-ed-final.pdf>:
- Preston, A. (2004). *Leaving Science - Occupational Exit from Scientific Careers*. Russell Sage Foundation.
- Priberam. (2023a). geek. *Dicionário Priberam*. <https://dicionario.priberam.org/geek>
- Priberam. (2023b). nerd. *Dicionário Priberam*. <https://dicionario.priberam.org/nerd>
- Raines, C. A. (2003). The Calvin cycle revisited. *Photosynthesis Research*, 75(1), 1–10. <https://doi.org/10.1023/A:1022421515027>
- Ray, R. (2015). STEM education and economic performance in the american states. *Munich Personal RePEc Archive*. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/65517/>

- Roberts, L. (1994). UW Team Reaches Out to Grade- and High-School Students. *Science*, 264(5156), 208–208. <https://doi.org/10.1126/science.264.5156.208>
- Roorda, D. L., Koomen, H. M. Y., Spilt, J. L., & Oort, F. J. (2011). The Influence of Affective Teacher–Student Relationships on Students’ School Engagement and Achievement. *Review of Educational Research*, 81(4), 493–529. <https://doi.org/10.3102/0034654311421793>
- Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432–1463. <https://doi.org/10.1037/a0037559>
- Ruiz-Martín, H., & Bybee, R. W. (2022). The cognitive principles of learning underlying the 5E Model of Instruction. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00337-z>
- Santos, A. P. (2014). Um contributo para o ensino da Natureza da Ciência [Dissertação de Mestrado Ensino da Biologia/Geologia].
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE : background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) : a comparative study of students’ views of science and science education. University Of Oslo, Faculty Of Education, Department Of Teacher Education And School Development.
- Simon, M. K., & Goes, J. (2010). Scope, limitations, and delimitations. In *Dissertation & Scholarly Research: Recipes for Success*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Singh, R., Singh, S., Kumar, A., Modi, A., Yadav, M., Babu, P., Singh, G., Joshi, N., Rai, A., Ghuge, S., Kumar, A., Singh, A., Singh, P., & Wang, W. (2022). Chapter3 - Cyanobacterial photosynthetic reaction center in wobbly light: Modulation of light energy by orange carotenoid proteins (OCPs). In P. Singh, M. Fillat, & A. Kumar (Eds.), *Cyanobacterial Lifestyle and its Applications in Biotechnology* (pp. 41–60). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90634-0.00007-X>
- Sliney, D. H. (2016). What is light? The visible spectrum and beyond. *Eye*, 30(2), 222–229. <https://doi.org/10.1038/eye.2015.252>
- Stirbet, A., Lazár, D., Guo, Y., & Govindjee, G. (2020). Photosynthesis: basics, history and modelling. *Annals of Botany*, 126(4), 511–537.
- Swaak, J., De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (2004). The effects of discovery learning and expository instruction on the acquisition of definitional and intuitive knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(4), 225–234. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00092.x>
- Swim, J. (1999). An Elementary Outreach Program-Have Demo Will Travel. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 628. <https://doi.org/10.1021/ed076p628>

- Taylor, P. C., Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1997). Monitoring constructivist classroom learning environments. *International Journal of Educational Research*, 27(4), 293–302. [https://doi.org/10.1016/s0883-0355\(97\)90011-2](https://doi.org/10.1016/s0883-0355(97)90011-2)
- Thomson, M. M., Zakaria, Z., & Radut-Taciu, R. (2019). Perceptions of Scientists and Stereotypes through the Eyes of Young School Children. *Education Research International*, 2019, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2019/6324704>
- Trautman, N., Avery, L., Krasny, M., & Cunningham, C. (2002, April). University science students as facilitators of high school inquiry-based learning. In Poster presented at the annual meeting of the national association for research in science teaching, Los Angeles.
- Turner, S. L., & Lapan, R. T. (2005). Evaluation of an intervention to increase non-traditional career interests and career-related self-efficacy among middle-school adolescents. *Journal of Vocational Behavior*, 66(3), 516–531. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2004.02.005>
- Ufnar, J. A., & Shepherd, V. L. (2018). The Scientist in the Classroom Partnership program: an innovative teacher professional development model. *Professional Development in Education*, 45(4), 642–658. <https://doi.org/10.1080/19415257.2018.1474487>
- Uno, G. (2002). *Handbook on teaching undergraduate science courses : a survival training manual*. Brooks/Cole.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Reece, J. B., & Campbell, N. A. (2020). *Campbell Biology* (12th ed.). Pearson Education, Inc.
- van Tuijl, C., & van der Molen, J. H. W. (2015). Study choice and career development in STEM fields: an overview and integration of the research. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2), 159–183. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9308-1>
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86. <https://doi.org/10.2307/4450624>
- Ward, A. (1977). Magician in a White Coat. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 14(1), 6–9. <https://doi.org/10.1080/00368121.1977.9955322>
- Wetzels, S. A. J., Kester, L., & van Merriënboer, J. J. G. (2011). Adapting prior knowledge activation: Mobilisation, perspective taking, and learners' prior knowledge. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.004>
- Whitmarsh, J., & Govindjee. (1999). The photosynthetic process. In S. G. S, G. Renger, S. S. K, K.-D. Irrgang, & Govindjee (Eds.), *Concepts in Photobiology* (pp. 11–51). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4832-0%E2%82%82>

- William, D. (2011). *Embedded Formative Assessment*. Solution Tree Press.
- Williams, D. R., Brule, H., Kelley, S. S., & Skinner, E. A. (2018). Science in the Learning Gardens (SciLG): a study of students' motivation, achievement, and science identity in low-income middle schools. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0104-9>
- Xie, Y., Fang, M., & Shauman, K. (2015). STEM Education. *Annual Review of Sociology*, 41(1), 331–357. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-071312-145659>
- Xie, Y., & Killewald, A. A. (2012). *Is American science in decline?* Harvard University Press.
- Xie, Y., & Shauman, K. (2003). *Women in science: career processes and outcomes*. Harvard University Press.
- Zeidler, D. L., & Lederman, N. G. (1989). The effect of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9), 771–783. <https://doi.org/10.1002/tea.3660260903>

## Apêndices

### Apêndice A – Questionário de afinidade

O questionário de afinidade apresentado corresponde ao aplicado após a intervenção da cientista convidada, que é em tudo semelhante ao questionário pré-intervenção, com exceção da secção final “Uma cientista na sala de aula”.

| Secção   | Questão   | Tipo de resposta |
|--|---|------------------|
| Sobre ti   | Idade   | Escolha múltipla |
|  | Sexo  |                  |
|  | Nacionalidade   |                  |
|  | Costumo ver programas/documentários sobre Natureza.                                   | Escala de Likert |
|  | Costumo ver programas/documentários sobre Ciência.                                    |                  |
|  | Nos últimos 12 meses, visitei, pelo menos um museu de Ciência ou centro de Ciência.   | Escola múltipla  |
| Sobre as aulas de Biologia   | Gosto da disciplina de Biologia.  | Escala de Likert |
|  | Biologia é uma disciplina fácil.  |                  |
|  | Aprendo facilmente conteúdos de Biologia.   |                  |
|  | A disciplina de Biologia apresentou-me oportunidades de carreira interessantes.       |                  |
|  | Acho que toda a gente deveria aprender Biologia, na escola.                           |                  |
|  | O que aprendo em Biologia será útil para a minha vida futura.                         |                  |
|  | A disciplina de Biologia mostrou-me a importância da Ciência no nosso modo de vida.   |                  |
|  | Gosto mais da disciplina de Biologia do que das outras disciplinas.                   |                  |
|  | A disciplina de Biologia tornou-me mais preocupado com a Natureza e Sustentabilidade. |                  |
|  | Gostava de ter mais tempo de Biologia, na escola.                                     |                  |
|  | Gosto do meu professor de Biologia.   |                  |
| Gosto dos meus colegas de turma.                                       |   |                  |
| Gosto de fazer experiências práticas, nas aulas de Biologia.           |   |                  |
| Sobre a Ciência  | A Ciência é importante para a sociedade.  | Escala de Likert |
|  | A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais saudável.                           |                  |
|  | A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais fácil.                              |                  |
|  | A Ciência e a Tecnologia ajudarão a erradicar a pobreza e a fome no mundo.            |                  |
|  | A Ciência e a Tecnologia trazem muitos problemas.                                     |                  |
|  | A Ciência e a Tecnologia são a causa dos problemas ambientais.                        |                  |
|  | Um país precisa de Ciência e Tecnologia para se desenvolver.                          |                  |
|  | As teorias científicas desenvolvem-se e mudam ao longo do tempo.                      |                  |
| A Ciência e a Tecnologia podem resolver todos os problemas ambientais. |   |                  |

(continuação)

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| <b>Sobre os cientistas</b>  | Conheço (ou já ouvi falar sobre) mais do que um cientista famoso.     | Escala de Likert |
|   | Os cientistas são inteligentes.                                       |                  |
|   | Os cientistas são antissociais.                                       |                  |
|   | Os cientistas são, na sua maioria, homens.                            |                  |
|   | Os cientistas são, na sua maioria, caucasianos (brancos).             |                  |
|   | Os cientistas são <i>nerds</i> .                                      |                  |
|   | Os cientistas são simpáticos.   |                  |
|   | Os cientistas são competentes.  |                  |
|   | Os cientistas são de confiança.                                       |                  |
|   | Devemos confiar sempre no que os cientistas têm para dizer.           |                  |
|   | Os cientistas são neutros e objetivos.                                |                  |
|   | Os cientistas são curiosos.   |                  |
|   | Os cientistas são excêntricos.  |                  |
|   | Os cientistas são interessantes.                                      |                  |
|   | Os cientistas são aborrecidos.  |                  |
|   | Os cientistas são viciados em trabalho.                               |                  |
|   | Os cientistas são higiénicos.   |                  |
|   | Os cientistas são génios.   |                  |
| Os cientistas são estranhos.  |   |                  |
| Os cientistas não têm muitos amigos.                                      |   |                  |
| Os cientistas não são atraentes.  |   |                  |
| Os cientistas são criativos.  |   |                  |
| <b>Sobre as carreiras científicas</b>                                     | Uma carreira científica dá muito dinheiro.                            | Escala de Likert |
|   | Gostava de ser cientista.   |                  |
|   | Gostava de ter um emprego ligado à Ciência.                           |                  |
|   | Uma carreira como cientista seria intelectualmente estimulante.       |                  |
|   | Uma carreira como cientista seria interessante.                       |                  |
|   | As profissões na Ciência são para génios.                             |                  |
|   | As profissões na Ciência são para <i>nerds</i> .                      |                  |
|   | Uma carreira como cientista seria fácil.                              |                  |
|   | Os meus pais/cuidadores ficariam satisfeitos se eu fosse cientista.   |                  |
|   | Ter um emprego científico permitir-me-ia ajudar os outros.            |                  |
|   | Ter um emprego científico permitir-me-ia contribuir para a sociedade. |                  |
| Ter um emprego científico permitir-me-ia tornar o mundo num lugar melhor. |   |                  |

(continuação)

|                               |  |                  |
|-------------------------------|--|------------------|
| Uma cientista na sala de aula | <p>Depois de conhecer a cientista convidada, ganhei mais interesse pela Ciência.</p> <p>A intervenção da cientista fez com que eu desse mais importância ao tema da sustentabilidade e alterações climáticas.</p> <p>Fiquei surpreendido com a descrição que a cientista fez sobre o que é trabalhar em Ciência.</p> <p>Gostei de poder fazer a medição da concentração de clorofilas nas plantas.</p> <p>Compreendi a relação da atividade prática realizada com a matéria que está a ser dada.</p> <p>Fiquei com vontade de fazer perguntas à cientista e/ou a outros profissionais da Ciência.</p> <p>Apreendi coisas novas, com a cientista.</p> <p>Gostava de ter mais oportunidades de contacto com cientistas, no futuro.</p> <p>Perceber o papel da Ciência na sustentabilidade motivou-me para aprender mais sobre Ciência.</p> | Escala de Likert |
|-------------------------------|--|------------------|

## Apêndice B – Questionários de avaliação diagnóstica e sumativa

O questionário apresentado corresponde ao aplicado à turma na aula 11, correspondendo ao momento de avaliação sumativa. No entanto, a Parte I é em tudo semelhante à avaliação diagnóstica realizada na aula 1. As respostas corretas apresentam-se a sublinhado, com exceção da última questão, relativa à intervenção da cientista convidada. A valorização de cada resposta é considerada para um total de 100 pontos.

| Parte | Questão   | Opções de resposta  | Valori-zação |
|-------|---|---|--------------|
| I     | Que tipo de organismos é capaz de produzir o seu próprio alimento, a partir de substâncias inorgânicas, por processos dependentes da luz? | Heterotróficos; autotróficos; decompositores; <u>fotoautotróficos.</u>  | 5            |
|       | O processo através do qual organismos autotróficos convertem energia luminosa em energia química chama-se:                                | Respiração; fermentação; <u>fotossíntese</u> ; glicólise.   | 5            |
|       | Que pigmento (ou pigmentos) é responsável pela captura da energia solar, durante a fotossíntese?  | <u>Carotenóides</u> ; antocianinas; <u>clorofilas</u> ; ficobiliproteínas.  | 5            |
|       | Quais os organelos celulares onde ocorre a fotossíntese?  | Mitocôndrias; complexo de Golgi; ribossomas; <u>cloroplastos.</u>   | 5            |
|       | Qual das seguintes moléculas <b>não</b> é incluído na equação geral da fotossíntese?  | Dióxido de carbono; oxigénio; água; <u>adenosina trifosfato.</u>  | 5            |
|       | As reações dependentes da luz da fotossíntese ocorrem em que compartimento celular?   | Estroma; <u>tilacoides</u> ; citoplasma; mitocôndrias.  | 5            |
|       | Durante as reações dependentes da luz, para que é usada a energia solar?  | Combinar dióxido de carbono com a água e formar glucose; dividir as moléculas da água, libertando oxigénio; <u>converter ADP em ATP</u> ; converter <u>NADP<sup>+</sup> em NADPH.</u>     | 5            |
|       | Em que região da célula ocorre o Ciclo de Calvin?   | <u>Estroma</u> ; membrana dos tilacoides; citoplasma; mitocôndrias.   | 5            |
|       | As moléculas de ATP e NADPH produzidas nas reações dependentes da luz, são usadas no Ciclo de Calvin para:                                | <u>Fixar o dióxido de carbono em carboidratos</u> ; converter moléculas de água em oxigénio; dividir as moléculas de água, libertando hidrogénio; converter NADP <sup>+</sup> em NADPH.   | 5            |
|       | Quais as duas principais fases da fotossíntese?   | Reações dependentes de luz e respiração celular; <u>reacções dependentes da luz e Ciclo de Calvin</u> ; respiração celular e Ciclo de Krebs; fermentação láctica e fermentação alcoólica. | 5            |

(continuação)

|    |  |   |   |
|----|--|---|---|
|    | <p><b>Completa os espaços da frase:</b><br/>"As plantas não utilizam energia dos fotões correspondentes à radiação _____ porque _____ a luz desse comprimento de onda.</p>   | <p><u>Verde/refletem;</u><br/>verde/absorvem;<br/>vermelha/refletem;<br/>vermelha/absorvem</p>  | 5 |
|    | <p><b>Completa os espaços da frase:</b><br/>"O NADPH é a forma _____ do NADP+, uma vez que é formado quando este _____ eletrões.</p>   | <p>Oxidada/perde dois;<br/>oxidada/recebe um;<br/>reduzida/perde um;<br/><u>reduzida/recebe dois.</u></p>   | 5 |
|    | <p>Em que consiste a conversão de ATP em ADP?</p>  | <p>Numa fosforilação, endoenergética; numa desfosforilação, endoenergética; numa fosforilação, exoenergética; <u>numa desfosforilação, exoenergética.</u></p>   | 5 |
| II | <p><b>Indica se as afirmações abaixo são verdadeiras ou falsas.</b><br/>A) No fotossistema II, as clorofilas recuperam os eletrões perdidos, com eletrões com origem da oxidação da água.<br/>B) A energia dos eletrões permite que os protões H<sup>+</sup> passem para o interior dos tilacoides.<br/>C) O oxigénio é produzido aquando da oxidação de NADPH.<br/>D) A energia luminosa excita os protões, fazendo com que estes atravessem as membranas dos tilacoides.<br/>E) A enzima NADP<sup>+</sup> redutase oxida o NADP<sup>+</sup>.</p> | <p>A) Verdadeira<br/>B) Verdadeira<br/>C) Falsa<br/>D) Falsa<br/>E) Falsa</p>   | 5 |
|    | <p>O que acontece no ciclo de Calvin?</p>  | <p>Após a fixação do dióxido de carbono, forma-se um composto estável que se dissocia;<br/>Todas as moléculas de G3P original glicose; <u>A RuBP regenera-se a partir do G3P</u>; a enzima RuBisCO cataliza a reação de produção de açúcares.</p>   | 5 |
|    | <p>Porque podemos dizer que a fase química é <b>indiretamente</b> dependente da luz?</p>   | <p>Porque os fotões excitam os eletrões das moléculas, durante o ciclo de Calvin; porque os eletrões libertados pelas clorofilas são captados pelo dióxido de carbono; porque a oxidação da água liberta protões que são necessários para a formação de ADP e NADP+; <u>porque a fase química usa moléculas de ATP e NADPH produzidas durante a fase fotoquímica.</u></p> | 5 |

(continuação)

|  |   |            |
|--|---|------------|
| <p>Ordena as afirmações, de modo a reconstruir a sequência acontecimentos ocorridos na fotossíntese.</p> <p><b>A) Absorção da luz pelos pigmentos fotossintéticos</b></p> <p><b>B) Fixação de carbono</b></p> <p><b>C) Libertação de oxigénio</b></p> <p><b>D) Produção de glicose</b></p> <p><b>E) Formação de NADPH e ATP</b></p> <p><b>F) Oxidação de NAPDH e ATP</b></p> | <p>A) 1</p> <p>B) 4</p> <p>C) 2</p> <p>D) 6</p> <p>E) 3</p> <p>F) 5</p>   | 12         |
| <p><b>Completa os espaços da frase:</b></p> <p>"A fotossíntese é uma reação _____ que transforma a energia dos _____ em energia química, acumulada na molécula _____.</p>  | <p>Exoenergética/eletrões/glicose; exoenergética/fotões/oxigénio; endoenergética/eletrões/água; endoenergética/fotões/glicose.</p>  | 5          |
| <p>Recorda a aula com a cientista convidada. Sugere duas formas de complementar a experiência prática, de maneira a torná-la mais informativa sobre a influência do extrato de algas.</p>  | <p>Resposta por extenso.<br/>(Exemplos de resposta: aumentar o número de plantas; testar diferentes concentrações de extrato de algas; incluir mais variáveis; testar diferentes concentrações salinas; medir o crescimento das plantas.)</p> | 3          |
| <b>Total</b>   |   | <b>100</b> |

## Apêndice C – Planificação de aulas

A planificação de aulas apresentada refere-se à prevista, aquando do início da intervenção do docente estagiário, junto da turma; foi delineada no âmbito do Plano de Cariz Investigativo (3.º semestre do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia). As alterações aos planos, que foram ocorrendo durante a prática letiva, são explanadas no diário de bordo da secção 5.4. Descrição das aulas e reflexão”.

| Introdução – Qual a utilidade da fotossíntese?  |   |         |  |      |            |
|---|---|---------|--|------|------------|
| Tempo(s) letivo(s)  | 1 | Duração | 50'  | Data | 20/03/2024 |
| Conteúdos temáticos   |   |         | Objetivos específicos  |      |            |
| Autotrofismo; fotossíntese.   |   |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender a diferença entre seres vivos hétero- e autotróficos;</li> <li>- Compreender o impacto que os primeiros organismos fotossintéticos tiveram na evolução da Biosfera.</li> </ul>  |      |            |
| Competências a trabalhar  |   |         | Aprendizagens essenciais   |      |            |
| Linguagem e textos; informação e comunicação; pensamento crítico e pensamento criativo; saber científico, técnico e tecnológico; bem-estar, saúde e ambiente.       |   |         | <p><u>Transversais</u>: pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |      |            |
| Descrição detalhada   |   |         |  |      |            |
| 1. Apresentação de imagens de seres vivos heterotróficos e autotróficos, com concretização das diferenças entre eles, relativamente à forma de obtenção de matéria. |   |         |  | 10'  |            |
| 2. Leitura comentada do texto do manual da disciplina “Como é que as cianobactérias revolucionaram a biosfera?” (p. 121).   |   |         |  | 20'  |            |
| 3. Realização do teste de avaliação diagnóstica, em formato Google Forms (Apêndice B).  |   |         |  | 15'  |            |
| 4. Discussão dos resultados gerais da turma, no teste de avaliação diagnóstica.   |   |         |  | 5'   |            |
| Avaliação   |   |         | Recursos   |      |            |
| <u>Formativa</u> : observação geral da participação turma e comentário aos resultados do teste de avaliação diagnóstica.  |   |         | Manual da disciplina; computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; <i>smartphones</i> pessoais, com acesso à Internet; formulário de avaliação diagnóstica.  |      |            |

| Do inorgânico ao orgânico  |   |  |            |
|--|---|--|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 2 | <b>Duração</b>   | 50'        |
|  |   | <b>Data</b>  | 21/03/2024 |
| <b>Conteúdos temáticos</b>   |   | <b>Objetivos específicos</b>   |            |
| Fotoautotrofismo; equação geral da fotossíntese.   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Assimilar o funcionamento geral da fotossíntese;</li> <li>- Adquirir noções gerais sobre o processo de conversão de elementos inorgânicos em elementos orgânicos, em organismos fotossintéticos.</li> </ul>   |            |
| <b>Competências a trabalhar</b>  |   | <b>Aprendizagens essenciais</b>  |            |
| Linguagem e textos; informação e comunicação; pensamento crítico e pensamento criativo; saber científico, técnico e tecnológico; bem-estar, saúde e ambiente.  |   | <p><u>Transversais</u>: pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e de Geologia.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |            |
| <b>Descrição detalhada</b>   |   |  |            |
| 1. Realização do questionário de afinidade pela Ciência, prévio à intervenção da cientista convidada, em formato Google Forms (Apêndice A).  |   |  | 15'        |
| 2. Atividade de grupo para construção da equação geral da fotossíntese.  |   |  | 15'        |
| 3. Lecionação expositiva de conceitos teóricos, sobre a fotossíntese e elementos incluídos na equação geral da fotossíntese, estruturas da folha, célula vegetal e cloroplastos. Reflexão e correção dos resultados da atividade do ponto 2. |   |  | 20'        |
| <b>Avaliação</b>   |   | <b>Recursos</b>  |            |
| <u>Formativa</u> : observação geral da participação turma, propostas de resultados na atividade do ponto 2 e discussão crítica dos mesmos, no ponto 3.   |   | Computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; <i>smartphones</i> pessoais, com acesso à Internet; cartões com elementos constituintes da equação geral da fotossíntese; questionário de afinidade pela Ciência.   |            |

| O Cientista na sala de aula  |       |                |      |             |            |
|--|-------|----------------|------|-------------|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 3/4/5 | <b>Duração</b> | 150' | <b>Data</b> | 08/04/2024 |
| Intervenção de uma cientista convidada, em sala de aula, com divisão informal em três momentos:<br>- apresentação pessoal e da experiência como profissional da Ciência;<br>- lecionação de conteúdos afetos à subunidade;<br>- apresentação e orientação de uma atividade prática integrante dos conteúdos lecionados, temática no âmbito da Cidadania e Desenvolvimento, e realidade da investigação científica. |       |                |      |             |            |
| <b>Avaliação</b>   |       |                |      |             |            |
| Formativa: observação geral da participação da turma e interação com convidada.  |       |                |      |             |            |
| <b>Observações</b>   |       |                |      |             |            |
| O docente estagiário participa como assistente da cientista convidada, quando solicitado.  |       |                |      |             |            |

| Como é que os organismos fotoautotróficos usam a luz?  |     |  |            |
|--|-----|--|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 6/7 | <b>Duração</b>   | 100'       |
|  |     | <b>Data</b>  | 09/04/2024 |
| <b>Conteúdos temáticos</b>   |     | <b>Objetivos específicos</b>   |            |
| Espectro da radiação solar; pigmentos fotossintéticos; redução e oxidação da clorofila; energias luminosa e química.   |     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender como é que a energia luminosa é convertida em energia química, pelos organismos fotossintéticos;</li> <li>- Relacionar a taxa fotossintética com o espectro de luz visível e sua absorção por parte dos organismos fotossintéticos.</li> </ul>  |            |
| <b>Competências a trabalhar</b>  |     | <b>Aprendizagens essenciais</b>  |            |
| Linguagem e textos; raciocínio e resolução de problemas; saber científico, técnico e tecnológico.  |     | <p><u>Transversais</u>: pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |            |
| <b>Descrição detalhada</b>   |     |  |            |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Discussão da atividade prática realizada durante a intervenção da cientista convidada. 20'</li> <li>2. Lecionação expositiva de conceitos teóricos, sobre a utilização da energia luminosa por pigmentos fotossintéticos. 30'</li> <li>3. Leitura comentada de texto do manual da disciplina (p. 125) e realização do exercício proposto (p. 126), relativo aos efeitos na fotossíntese de diferentes comprimentos de onda da luz visível. 20'</li> <li>4. Lecionação expositiva de conceitos teóricos, sobre a excitação de eletrões, oxidação e redução de clorofilas e conversão de energia luminosa em energia química. 30'</li> </ol> |     |  |            |
| <b>Avaliação</b>   |     | <b>Recursos</b>  |            |
| <u>Formativa</u> : observação geral da participação turma na discussão sobre a atividade prática; resolução do exercício proposto (refletindo interpretação de textos e análise de resultados experimentais).  |     | Computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; manual da disciplina; caderno pessoal do aluno.   |            |

| Como se movimentam os eletrões e iões fosfato durante a fotossíntese?  |   |   |            |
|--|---|---|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 8 | <b>Duração</b>  | 50'        |
|  |   | <b>Data</b>   | 10/04/2024 |
| <b>Conteúdos temáticos</b>   |   | <b>Objetivos específicos</b>  |            |
| Moléculas de ATP e NADPH, suas variações químicas e funções na fotossíntese.   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enquadrar a mobilidade de iões e eletrões na cadeia de eventos da fotossíntese.</li> <li>- Compreender a importância das moléculas de ATP e NADPH na fotossíntese.</li> </ul>  |            |
| <b>Competências a trabalhar</b>  |   | <b>Aprendizagens essenciais</b>   |            |
| Raciocínio e resolução de problemas; saber científico, técnico e tecnológico.  |   | <p><u>Transversais</u>: articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e Geologia.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |            |
| <b>Descrição detalhada</b>   |   |   |            |
| 1. Realização do questionário de afinidade pela Ciência, pós-intervenção da cientista convidada, em formato Google Forms (Apêndice A). |   |   | 15'        |
| 2. Lecionação expositiva de conceitos teóricos, sobre a ATP, NADPH e variantes desfosforilada e reduzida, respetivamente.              |   |   | 35'        |
| <b>Avaliação</b>   |   | <b>Recursos</b>   |            |
| <u>Formativa</u> : observação geral da participação turma, nos momentos de questionamento durante o ponto 2.                           |   | Computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; <i>smartphones</i> pessoais, com acesso à Internet; questionário de afinidade pela Ciência.  |            |

| O lado luminoso da fotossíntese  |   |                |            |
|--|---|----------------|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 9   | <b>Duração</b> | 50'        |
|  |   | <b>Data</b>    | 11/04/2024 |
| <b>Conteúdos temáticos</b>   | <b>Objetivos específicos</b>  |                |            |
| Fase fotoquímica da fotossíntese.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender que existem duas fases que compõem, de forma cíclica, a fotossíntese;</li> <li>- Perceber o papel da energia luminosa na fotossíntese;</li> <li>- Enquadrar os processos de oxidação/redução e fosforilação na conversão de energia luminosa em energia química.</li> </ul>  |                |            |
| <b>Competências a trabalhar</b>  | <b>Aprendizagens essenciais</b>   |                |            |
| Informação e comunicação; raciocínio e resolução de problemas; saber científico, técnico e tecnológico.  | <p><u>Transversais</u>: pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e Geologia.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |                |            |
| <b>Descrição detalhada</b>   |   |                |            |
| 1. Visualização comentada do vídeo “ <i>Photosynthesis: The Original Solar Power</i> ”.  |   | 10'            |            |
| 2. Lecionação expositiva de conceitos teóricos sobre a fase fotoquímica da fotossíntese, complementada com figuras do manual da disciplina (p. 130 e 131) e ligação ao vídeo do ponto 1. |   | 25'            |            |
| 3. Realização da atividade “Fotoestafeta” (apêndice E).  |   | 15'            |            |
| <b>Avaliação</b>   | <b>Recursos</b>   |                |            |
| <u>Formativa</u> : observação geral da participação turma, nos momentos de questionamento durante o ponto 2, e desempenho geral na atividade do ponto 3.                                 | Computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; cartões da atividade do ponto 3.   |                |            |

| O lado químico da fotossíntese   |          |   |            |
|--|----------|---|------------|
| <b>Tempo(s) letivo(s)</b>  | 10/11/12 | <b>Duração</b>  | 150'       |
|  |          | <b>Data</b>   | 15/04/2024 |
| <b>Conteúdos temáticos</b>   |          | <b>Objetivos específicos</b>  |            |
| Fase química da fotossíntese.  |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender o funcionamento do ciclo de Calvin;</li> <li>- Integrar conteúdos prévios no funcionamento total da fotossíntese.</li> </ul>   |            |
| <b>Competências a trabalhar</b>  |          | <b>Aprendizagens essenciais</b>   |            |
| Informação e comunicação; raciocínio e resolução de problemas; saber científico, técnico e tecnológico.  |          | <p><u>Transversais</u>: pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos; articular conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar tópicos de Biologia e Geologia.</p> <p><u>Elencadas por domínio</u>: Interpretar dados experimentais sobre fotossíntese (espectro de absorção dos pigmentos, balanço dos produtos das fases química e fotoquímica), mobilizando conhecimentos de Química (energia dos eletrões nos átomos, processos exoenergéticos e endoenergéticos).</p> |            |
| <b>Descrição detalhada</b>   |          |   |            |
| 1. Lecionação expositiva de conceitos teóricos, sobre o ciclo de Calvin e integração geral de conhecimentos prévios no funcionamento total da fotossíntese.  |          |   | 50'        |
| 2. Realização de ficha de avaliação sumativa, sobre os conteúdos do subdomínio e atividade prática realizada sob orientação da cientista convidada, em formato Google Forms (apêndice B).                |          |   | 50'        |
| 3. Discussão sobre os resultados da ficha de avaliação sumativa e conclusão do subdomínio.   |          |   | 35'        |
| 4. Discussão sobre as variações de resultados entre os dois questionários de afinidade pelas Ciências.   |          |   | 15'        |
| <b>Avaliação</b>   |          | <b>Recursos</b>   |            |
| <p><u>Formativa</u>: observação geral da participação turma, nos momentos de questionamento e interação do ponto 1.</p> <p><u>Sumativa</u>: resultados quantitativos da ficha de avaliação sumativa.</p> |          | Computador (com <i>software</i> de apresentação de diapositivos); apresentação de diapositivos do docente; projetor; formulário de avaliação sumativa; manual da disciplina.  |            |
| <b>Observações</b>   |          |   |            |
| Os resultados da ficha de avaliação sumativa serão facultados à docente cooperante.  |          |   |            |

## Apêndice D – Resultados dos questionários de afinidade

Os resultados apresentados referem-se aos valores percentuais gerados a partir dos questionários de afinidade realizados antes e depois da intervenção da cientista convidada, comparando-se ambos os momentos (com exceção da secção final “Uma cientista na sala de aula”, que corresponde apenas ao questionário pós-intervenção).

Na tabela, as respostas em escala de Likert correspondem a: 1 – discordo totalmente, 2 – discordo, 3 – concordo, 4 – concordo totalmente; indicando-se, em primeiro lugar, os valores (arredondados às unidades) relativos ao questionário pré-intervenção, seguidos dos resultados pós-intervenção.

| Secção                     | Questão   | Resultados (%)                                     |       |       |        |
|----------------------------|---|--|-------|-------|--------|
|                            |   | 1  | 2     | 3     | 4      |
| Sobre ti                   | Idade   | 15 – 56; 16 – 35; 17 – 9,0                         |       |       |        |
|                            | Sexo  | masculino – 44;<br>feminino – 56                   |       |       |        |
|                            | Nacionalidade   | Portuguesa – 91; outra – 9                         |       |       |        |
|                            | Costumo ver programas/documentários sobre Natureza.                                   | 13/9   | 35/48 | 39/26 | 13/17  |
|                            | Costumo ver programas/documentários sobre Ciência.                                    | 9/17   | 30/52 | 44/22 | 17/9   |
|                            | Nos últimos 12 meses, visitei, pelo menos um museu de Ciência ou centro de Ciência.   | sim – 39/30; não – 39/48;<br>não me lembro – 22/22 |       |       |        |
| Sobre as aulas de Biologia | Gosto da disciplina de Biologia.  | 0/0  | 4/4   | 44/48 | 52/48  |
|                            | Biologia é uma disciplina fácil.  | 4/9  | 57/35 | 35/44 | 4/13   |
|                            | Aprendo facilmente conteúdos de Biologia.   | 4/4  | 17/30 | 70/57 | 9/9    |
|                            | A disciplina de Biologia apresentou-me oportunidades de carreira interessantes.       | 0/0  | 26/22 | 61/44 | 13/35  |
|                            | Acho que toda a gente deveria aprender Biologia, na escola.                           | 4/0  | 22/17 | 40/44 | 35/39  |
|                            | O que aprendo em Biologia será útil para a minha vida futura.                         | 9/0  | 4/14  | 61/48 | 26/35  |
|                            | A disciplina de Biologia mostrou-me a importância da Ciência no nosso modo de vida.   | 4/0  | 4/4   | 52/65 | 40/30  |
|                            | Gosto mais da disciplina de Biologia do que das outras disciplinas.                   | 0/4  | 22/30 | 48/39 | 30/26  |
|                            | A disciplina de Biologia tornou-me mais preocupado com a Natureza e Sustentabilidade. | 4/0  | 17/22 | 65/57 | 13/22  |
|                            | Gostava de ter mais tempo de Biologia, na escola.                                     | 9/17   | 30/35 | 44/22 | 17/26  |
|                            | Gosto do meu professor de Biologia.   | 0/0  | 0/0   | 0/13  | 100/87 |
|                            | Gosto dos meus colegas de turma.  | 0/0  | 0/4   | 57/61 | 44/35  |
|                            | Gosto de fazer experiências práticas, nas aulas de Biologia.                          | 0/0  | 0/0   | 17/22 | 83/78  |

(continuação)

|   |  |   |       |       |        |
|---|--|---|-------|-------|--------|
| <b>Sobre a Ciência</b>                                      | A Ciência é importante para a sociedade.                                   | 0/0   | 4/4   | 39/57 | 57/39  |
|   | A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais saudável.                | 0/4   | 22/26 | 57/57 | 22/13  |
|   | A Ciência e a Tecnologia tornam a minha vida mais fácil.                   | 4/4   | 22/13 | 48/52 | 26/30  |
|   | A Ciência e a Tecnologia ajudarão a erradicar a pobreza e a fome no mundo. | 9/0   | 30/39 | 39/52 | 22/9   |
|   | A Ciência e a Tecnologia trazem muitos problemas.                          | 17/17   | 61/65 | 22/13 | 0/4    |
|   | A Ciência e a Tecnologia são a causa dos problemas ambientais.             | 35/13   | 57/83 | 9/4   | 0/0    |
|   | Um país precisa de Ciência e Tecnologia para se desenvolver.               | 0/0   | 9/9   | 39/48 | 52/44  |
|   | As teorias científicas desenvolvem-se e mudam ao longo do tempo.           | 0/0   | 4/0   | 57/70 | 39/30  |
|   | A Ciência e a Tecnologia podem resolver todos os problemas ambientais.     | 4/9   | 52/44 | 39/39 | 4/9    |
|   | <b>Sobre os cientistas</b>   | Conheço (ou já ouvi falar sobre) mais do que um cientista famoso. | 0/0   | 4/17  | 70/57  |
| Os cientistas são inteligentes.                             |  | 0/0   | 0/0   | 70/70 | 30/30  |
| Os cientistas são antissociais.                             |  | 4/9   | 74/61 | 17/30 | 4/0    |
| Os cientistas são, na sua maioria, homens.                  |  | 9/9   | 52/52 | 30/35 | 9/4    |
| Os cientistas são, na sua maioria, caucasianos (brancos).   |  | 4/4   | 52/56 | 26/39 | 17/0   |
| Os cientistas são <i>nerds</i> .                            |  | 0/4   | 35/44 | 39/48 | 26/4   |
| Os cientistas são simpáticos.                               |  | 0/0   | 13/9  | 87/78 | 0/13   |
| Os cientistas são competentes.                              |  | 0/0   | 9/4   | 65/83 | 26/13  |
| Os cientistas são de confiança.                             |  | 0/0   | 13/17 | 61/78 | 26/4   |
| Devemos confiar sempre no que os cientistas têm para dizer. |  | 4/0   | 70/61 | 22/35 | 4/4    |
| Os cientistas são neutros e objetivos.                      |  | 0/4   | 26/22 | 57/65 | 17/9   |
| Os cientistas são curiosos.                                 |  | 0/0   | 0/0   | 48/57 | 52/44/ |
| Os cientistas são excêntricos.                              |  | 9/0   | 30/57 | 52/39 | 9/4    |
| Os cientistas são interessantes.                            |  | 4/4   | 9/22  | 57/57 | 30/17  |
| Os cientistas são aborrecidos.                              |  | 4/4   | 74/61 | 17/30 | 4/4    |
| Os cientistas são viciados em trabalho.                     |  | 0/0   | 26/39 | 65/48 | 9/13   |
| Os cientistas são higiénicos.                               |  | 0/0   | 9/13  | 44/70 | 48/17  |
| Os cientistas são génios.                                   |  | 4/0   | 26/30 | 48/61 | 22/9   |
| Os cientistas são estranhos.                                |  | 9/4   | 61/65 | 30/22 | 0/9    |
| Os cientistas não têm muitos amigos.                        |  | 9/13  | 83/61 | 4/17  | 4/9    |
| Os cientistas não são atraentes.                            | 22/26  | 48/48   | 22/9  | 9/17  |        |
| Os cientistas são criativos.                                | 0/0  | 4/0   | 70/65 | 26/35 |        |

(continuação)

|   |   |   |       |       |       |
|---|---|---|-------|-------|-------|
| <b>Sobre as carreiras científicas</b>   | Uma carreira científica dá muito dinheiro.                                | 4/0   | 17/22 | 65/52 | 13/26 |
|   | Gostava de ser cientista.   | 9/9   | 35/44 | 44/44 | 13/4  |
|   | Gostava de ter um emprego ligado à Ciência.                               | 4/0   | 4/44  | 57/35 | 35/22 |
|   | Uma carreira como cientista seria intelectualmente estimulante.           | 0/0   | 30/13 | 44/57 | 26/30 |
|   | Uma carreira como cientista seria interessante.                           | 0/4   | 26/22 | 39/57 | 35/17 |
|   | As profissões na Ciência são para génios.                                 | 4/17  | 39/35 | 48/44 | 9/4   |
|   | As profissões na Ciência são para <i>nerds</i> .                          | 9/13  | 52/48 | 35/35 | 4/4   |
|   | Uma carreira como cientista seria fácil.                                  | 26/30   | 70/65 | 4/4   | 0/0   |
|   | Os meus pais/cuidadores ficariam satisfeitos se eu fosse cientista.       | 4/4   | 9/4   | 44/83 | 44/9  |
|   | Ter um emprego científico permitir-me-ia ajudar os outros.                | 0/0   | 13/4  | 57/74 | 30/22 |
|   | Ter um emprego científico permitir-me-ia contribuir para a sociedade.     | 0/0   | 4/9   | 74/74 | 22/17 |
|   | Ter um emprego científico permitir-me-ia tornar o mundo num lugar melhor. | 0/0   | 17/13 | 65/65 | 17/22 |
|   | <b>Uma cientista na sala de aula</b>                                      | Depois de conhecer a cientista convidada, ganhei mais interesse pela Ciência. | 13    | 44    | 35    |
| A intervenção da cientista fez com que eu desse mais importância ao tema da sustentabilidade e alterações climáticas. |   | 9   | 22    | 61    | 9     |
| Fiquei surpreendido com a descrição que a cientista fez sobre o que é trabalhar em Ciência.                           |   | 9   | 35    | 52    | 4     |
| Gostei de poder fazer a medição da concentração de clorofilas nas plantas.  |   | 17  | 13    | 48    | 22    |
| Compreendi a relação da atividade prática realizada com a matéria que está a ser dada.                                |   | 0   | 13    | 70    | 17    |
| Fiquei com vontade de fazer perguntas à cientista e/ou a outros profissionais da Ciência.                             |   | 13  | 48    | 26    | 13    |
| Aprendi coisas novas, com a cientista.  |   | 0   | 4     | 74    | 22    |
| Gostava de ter mais oportunidades de contacto com cientistas, no futuro.  |   | 0   | 17    | 61    | 22    |
| Perceber o papel da Ciência na sustentabilidade motivou-me para aprender mais sobre Ciência.                          |   | 9   | 30    | 57    | 4     |

## Apêndice E – Fotoestafeta

Termos e respetivas definições, usados na atividade “Fotoestafeta”, descrita na reflexão da aula 9.

| Termo                   | Definição  |
|-------------------------|--|
| Tilacoides              | Estruturas membranares com a forma de discos achatados.  |
| Clorofilas              | Pigmento fotossintético de cor verde.  |
| Oxidação das clorofilas | Perda de eletrões de pigmentos fotossintéticos, resultado da captação da energia luminosa.   |
| NADPH                   | Molécula intermediária da fotossíntese, que resulta da captação de eletrões pela molécula nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato oxidada. |
| ADP → ATP               | Fosforilação da molécula adenosina-difosfato   |
| Fotossistema I          | Local onde a energia luminosa oxida clorofilas, que cedem eletrões para a formação de NADPH.   |
| Fotossistema II         | Local reduzido por eletrões provenientes da oxidação da água.  |
| Redução das clorofilas  | Ganho de eletrões de pigmentos fotossintéticos, com origem na oxidação das moléculas de água.  |
| NADP+ redutase          | Enzima que catalisa a redução da molécula nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato.   |
| ATP sintase             | Enzima que catalisa a fosforilação da molécula adenosina-difosfato   |
| Fase fotoquímica        | Conjunto de reações fotossintéticas, dependentes da luz que ocorrem nos tilacoides.  |

## Apêndice F – Apresentação de diapositivos da aula 1

Aula 1

# INTRODUÇÃO

Rui Pacheco

2024



O que há de comum entre estes seres vivos?



**Como é que estes seres vivos obtêm matéria?**



**Como é que estes seres vivos obtêm matéria?**



**Conheces mais seres vivos que obtenham matéria da mesma forma?**

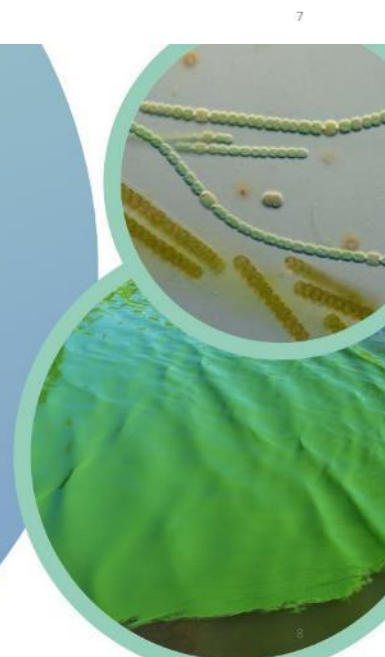
## Qual a utilidade da fotossíntese?



### Leitura

Página 121

Os primeiros seres **fotossintéticos** foram as **cianobactérias**. Estas são seres procariontes, aquáticos e unicelulares, que geralmente formam agrupamentos numerosos designados colónias.



**Antes do seu aparecimento, a Terra era um mundo muito diferente mas já existiam formas vivas.**

9

**Há aproximadamente 2300 Ma, a atmosfera da Terra passou a ter apreciáveis quantidades de oxigénio e as responsáveis por essa autêntica «revolução» terão sido as cianobactérias.**



**Durante milhões de anos, através da fotossíntese, as cianobactérias emitiram este gás oxidante para a atmosfera, que para muitos outros seres vivos se revelou tóxico, levando-os à extinção.**

11

As **algas** surgiram depois, tendo herdado das cianobactérias a capacidade de realizar a fotossíntese.



A libertação contínua do oxigénio permitiu a formação da camada de ozono ( $O_3$ ), que protege os seres vivos da radiação ultravioleta (UV). Só então a vida pôde colonizar a superfície dos continentes.

13

Posteriormente, a partir das algas verdes surgiram as **plantas**, os **produtores** dos ecossistemas terrestres.



**A fotossíntese foi o processo biológico que permitiu o desenvolvimento dos ecossistemas da Terra, com produtores fotossintéticos, consumidores e decompositores, numa dinâmica mantida até hoje.**



### Diagnóstico

Acede ao questionário através do teu *smartphone*.



<https://forms.gle/oRonxL1DVjdM6FNg7>

16

## Apêndice G – Apresentação de diapositivos da aula 2

Aula 2

# DO INORGÂNICO AO ORGÂNICO

Rui Pacheco

2024

### Tu e a Ciência

Guarda cuidadosamente o teu código.

Por exemplo: tira uma fotografia e guarda na tua Galeria.

O código garante o teu anonimato na resposta ao questionário.

2



## Tu e a Ciência

Acede ao questionário através do teu *smartphone*.



<https://forms.gle/bEqcdZZEStHDXW6L7>

3

## Equação geral da fotossíntese

4

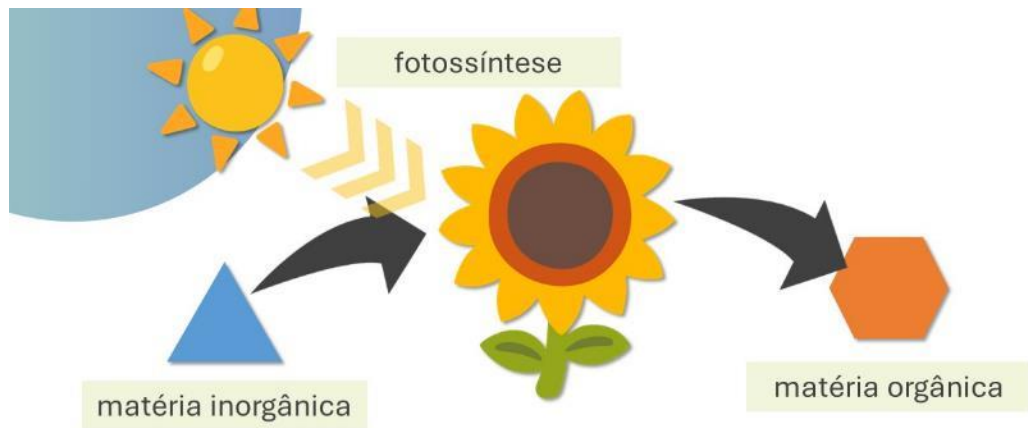
### Vamos construir a equação geral da fotossíntese

Cada grupo tem os vários “constituintes” da equação geral da fotossíntese.

Depois de discutirem dentro do grupo, montem no quadro a vossa versão da equação.

ATENÇÃO: Há “constituintes” repetidos. Não é obrigatório usarem todos.

5



**FOTOautotróficos**  
**organismos produtores**



**FOTOautotróficos**  
**organismos produtores**



**Os organismos produtores produzem algo que vai dar energia aos que os consomem.**

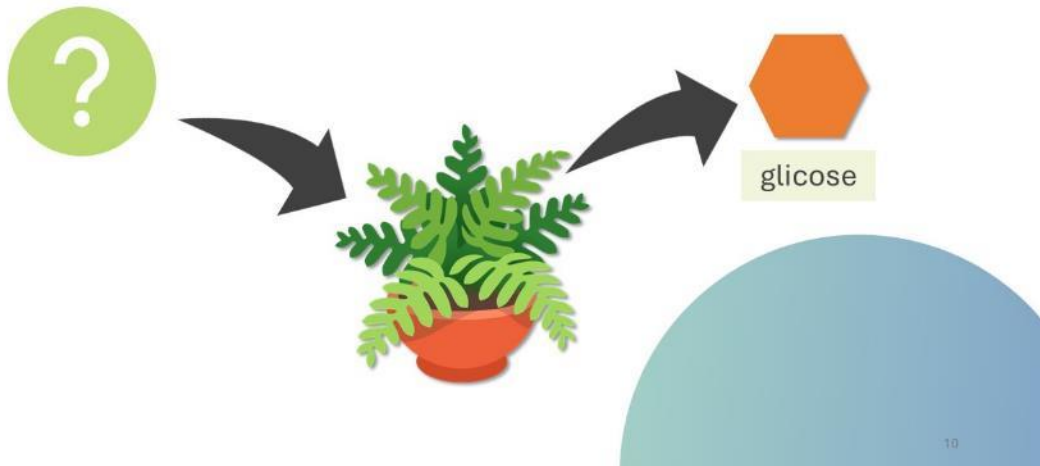
**O quê?**

O quê?

Glicose

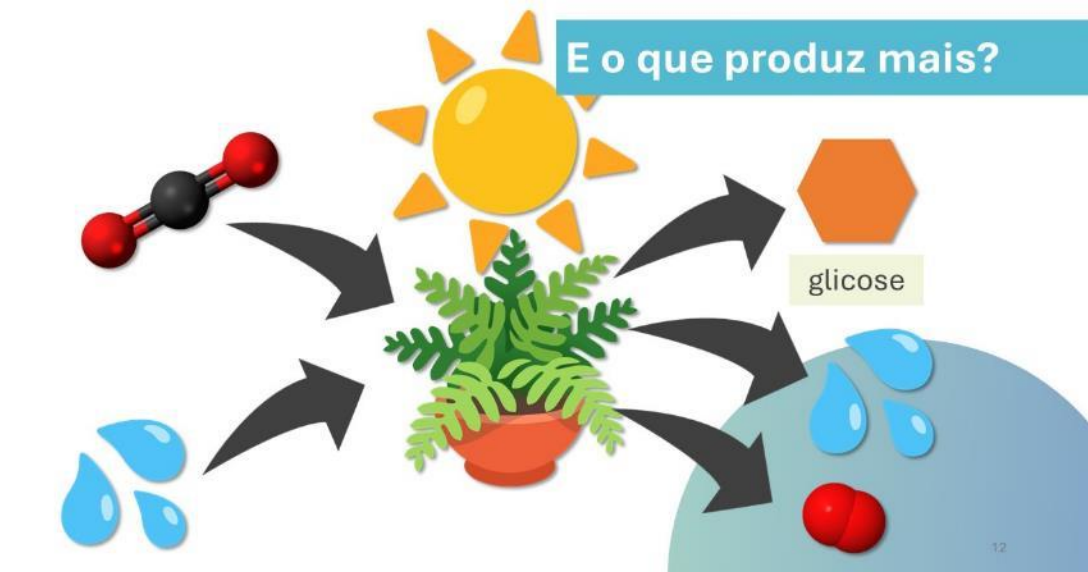
Lembras-te da equação?

E, para produzir glicose, a planta precisa de quê?

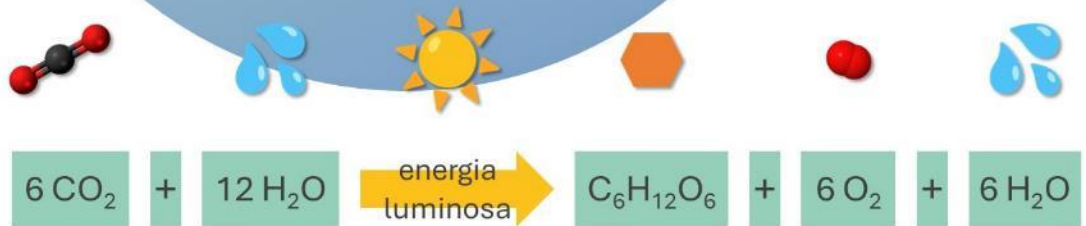


E, para produzir glicose, a planta precisa de quê?





**Então...**

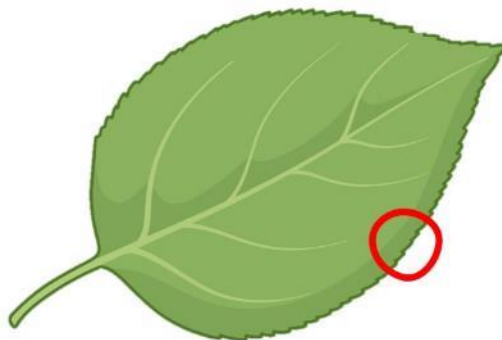


**Onde acontece a captação da luz?**

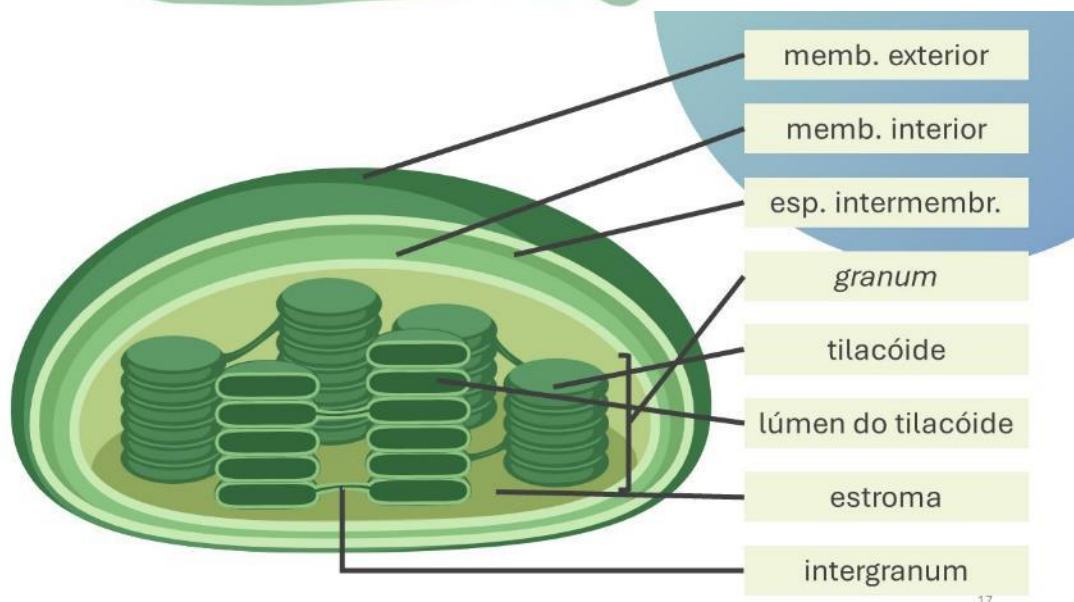
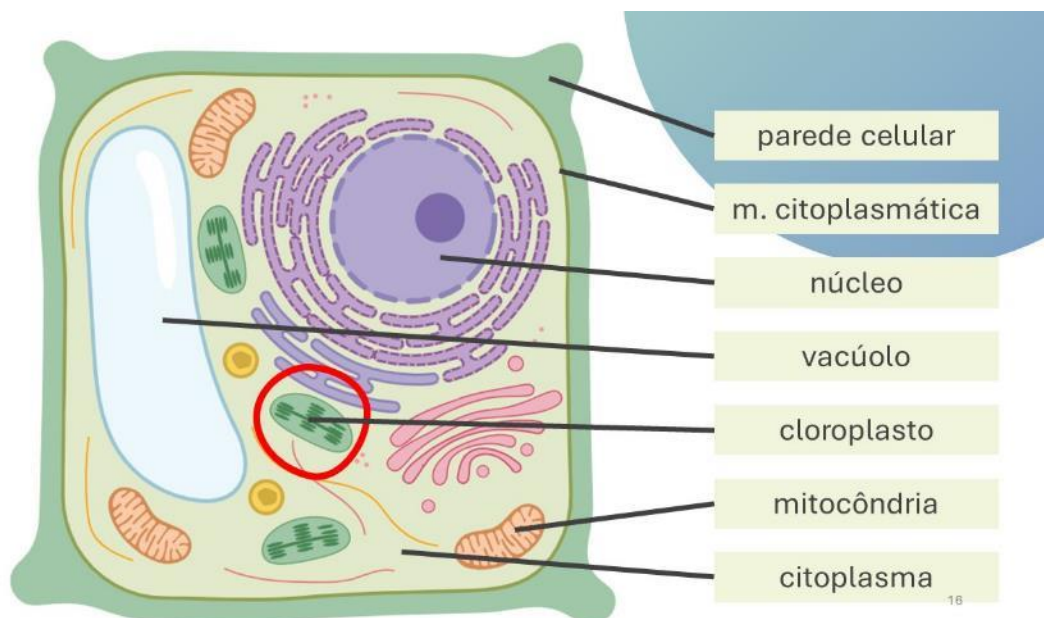
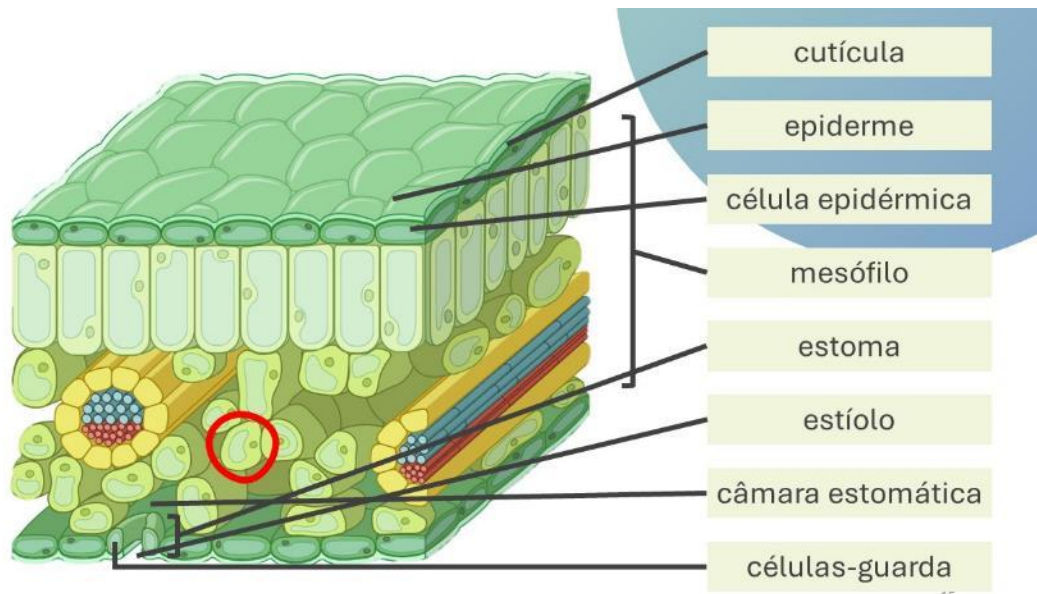
13

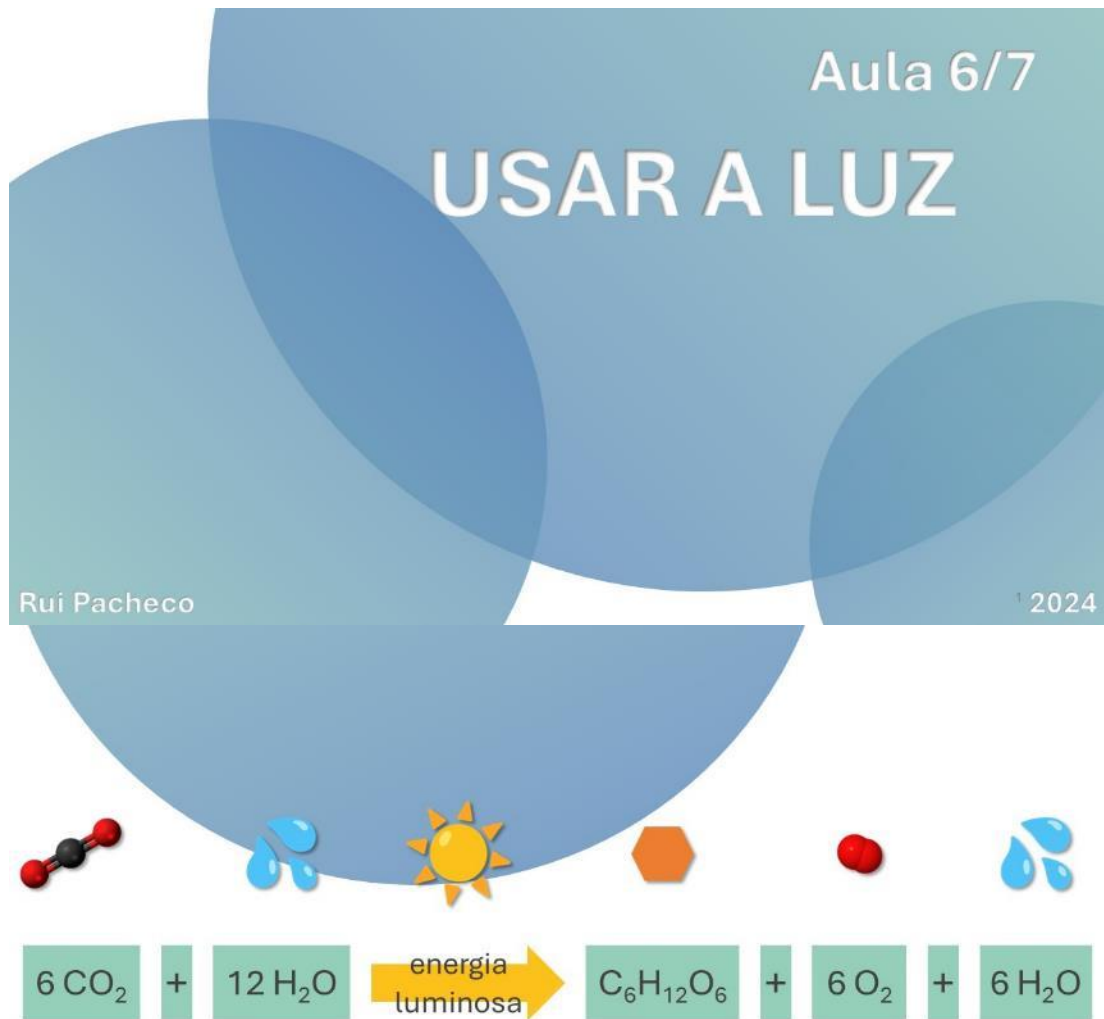
**Onde acontece a captação da luz?**

**Pigmentos fotossintéticos**



14



**Apêndice H – Apresentação de diapositivos das aulas 6 e 7**



| Tab | CONTROL                                      | Extracto de alga 3g/L (2 aplicações)        | MÉDIAS  |         |
|-----|--|---|---------|---------|
|     |  |   | CONTROL | EXTRATO |
| 1   | 17,3; 16,4; 18,2<br>17,9; 16,6; 13,4<br>13,4 | 26,8; 26,8; 26,6; 26,3<br>28,1; 26,0; 26,2  | 16,7    | 26,6    |
| 2   | 17,5; 17; 17,6;<br>18; 17,4; 17,8; 18,3      | 20,6; 19,8; 26,1; 26,3<br>23,7; 26,9; 25,8; | 17,6    | 24,1    |
| 3   | 14,6; 13,9; 15; 15,6                         | 27,2; 24,3; 25,5; 25,9<br>27,4; 27,3; 27,6  | 14,5    | 26,4    |

### Para quê tantas medições?

| Planta | Controlo                                    | Extracto de alga 3 g/L (2 aplicações)       |
|--------|---|---|
| 1      | 17,3; 16,4; 18,2; 17,9;<br>16,6; 17,4; 13,4 | 26,8; 26,8; 26,6; 26,3;<br>28,1; 26,0; 26,2 |
| 2      | 17,5; 17,0; 17,6; 18,0;<br>17,4; 17,8; 18,3 | 20,6; 19,8; 26,1; 26,3;<br>23,7; 26,9; 25,8 |
| 3      | 14,6; 13,9; 15,0; 15,6                      | 27,2; 24,3; 25,5; 25,9;<br>27,4; 27,3; 27,6 |

| MÉDIAS   |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| Controlo | Extracto de alga 3 g/L (2 aplicações) |
| 16,7     | 26,6                                  |
| 17,6     | 24,1                                  |
| 14,5     | 26,4                                  |

### Para quê tantas medições?

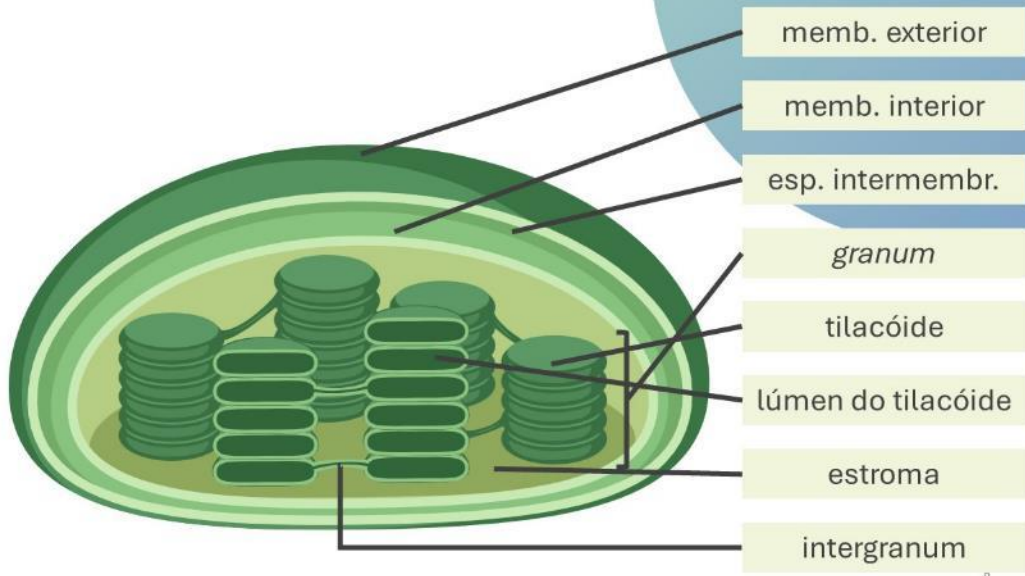
| Planta | Controlo                                 | Extrato de alga 3 g/L (2 aplicações)     |
|--------|--|--|
| 1      | 17,3; 16,4; 18,2; 17,9; 16,6; 17,4; 13,4 | 26,8; 26,8; 26,6; 26,3; 28,1; 26,0; 26,2 |
| 2      | 17,5; 17,0; 17,6; 18,0; 17,4; 17,8; 18,3 | 20,6; 19,8; 26,1; 26,3; 23,7; 26,9; 25,8 |
| 3      | 14,6; 13,9; 15,0; 15,6                   | 27,2; 24,3; 25,5; 25,9; 27,4; 27,3; 27,6 |



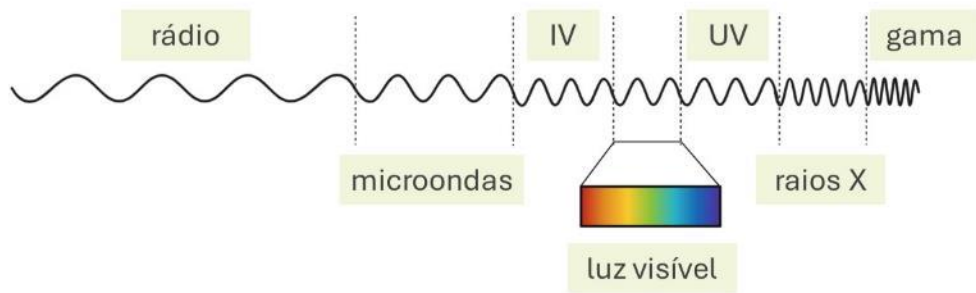
### Que conclusões podemos tirar?

Como poderíamos melhorar a experiência feita em aula?

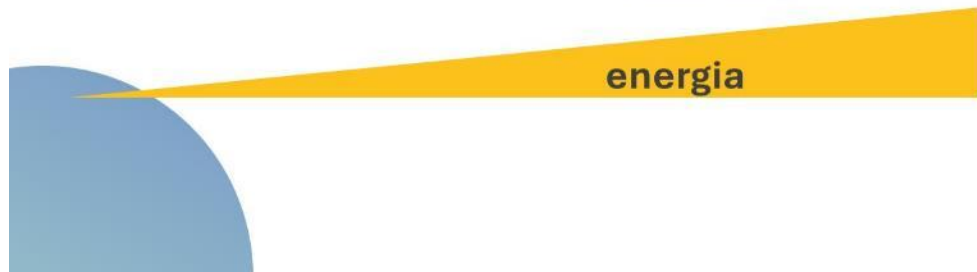
| MÉDIAS   |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| Controlo | Extrato de alga 3 g/L (2 aplicações) |
| 16,7     | 26,6                                 |
| 17,6     | 24,1                                 |
| 14,5     | 26,4                                 |



# Como é captada a energia luminosa?



9

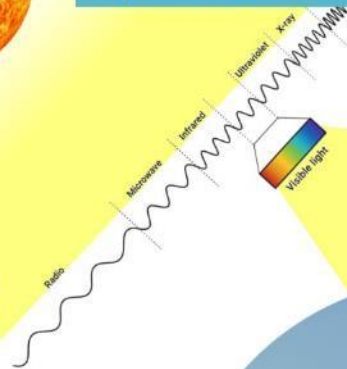


10



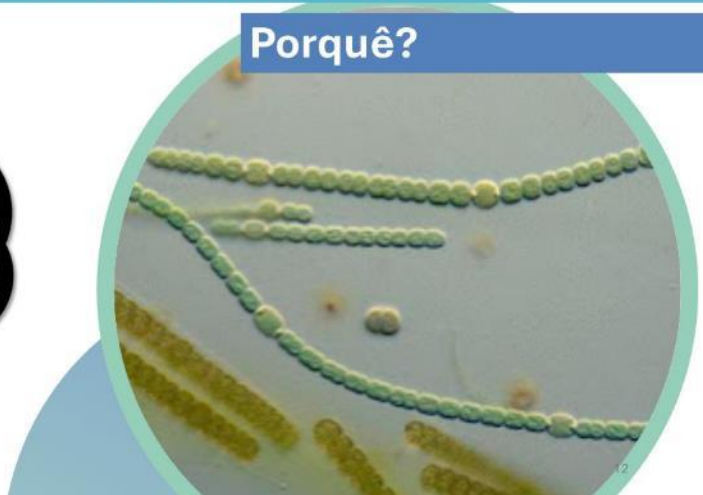
A luz visível é a maior parte daquilo que chega à superfície da Terra, vindo do Sol

Porquê?



A luz visível é a maior parte daquilo que chega à superfície da Terra, vindo do Sol

Porquê?



A luz visível é a maior parte daquilo que chega à superfície da Terra, vindo do Sol

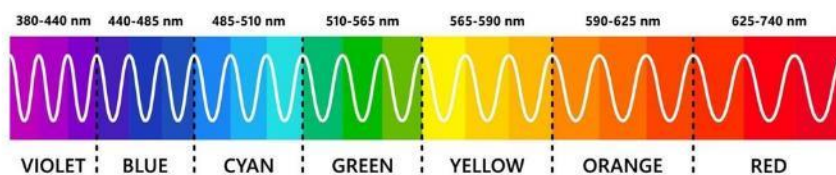
Porquê?

A atmosfera serve como filtro



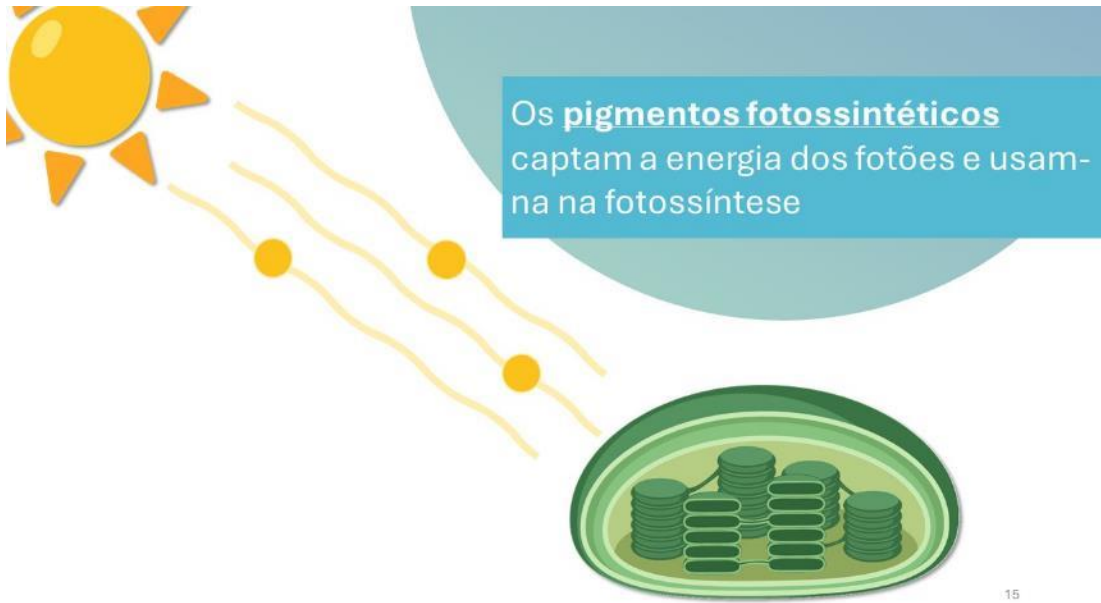
Luz visível BRANCA = mistura de todas as cores

### VISIBLE SPECTRUM



Cada cor existe numa gama de comprimentos de onda

Diferentes cores = diferentes comprimentos de onda



Os **pigmentos fotossintéticos** captam a energia dos fotões e usam-na na fotossíntese

15

The diagram shows a sun in the top left corner with yellow wavy lines representing light rays. Three yellow circles represent photons traveling towards a chloroplast in the bottom right. The chloroplast is depicted as a green oval containing several stacks of green thylakoids. A blue text box on the right contains the text: 'Os pigmentos fotossintéticos captam a energia dos fotões e usam-na na fotossíntese'. The number '15' is in the bottom right corner.



Os **pigmentos fotossintéticos** captam a energia dos fotões e usam-na na fotossíntese

Lembras-te do teste diagnóstico? Quais eram os pigmentos?


16

This diagram is similar to the one above, showing a sun and light rays hitting a chloroplast. A thought bubble with a black outline and three smaller circles below it is positioned to the left of the chloroplast. The text inside the bubble reads: 'Lembras-te do teste diagnóstico? Quais eram os pigmentos?'. A blue text box on the right contains the text: 'Os pigmentos fotossintéticos captam a energia dos fotões e usam-na na fotossíntese'. The number '16' is in the bottom right corner.

Pigmentos fotossintéticos, nas plantas

Clorofilas:

- Clorofila A
- Clorofila B



17

The slide features a vertical list of pigments. At the top is a brown bar with the text 'Pigmentos fotossintéticos, nas plantas'. Below it is a blue bar with 'Clorofilas:'. Underneath are two horizontal bars: a yellow-green one labeled 'Clorofila A' and a cyan one labeled 'Clorofila B'. To the right of these bars is a realistic illustration of a green leaf. The number '17' is in the bottom right corner.

## Pigmentos fotossintéticos, nas plantas

### Carotenóides:

Carotenos

Xantófilas



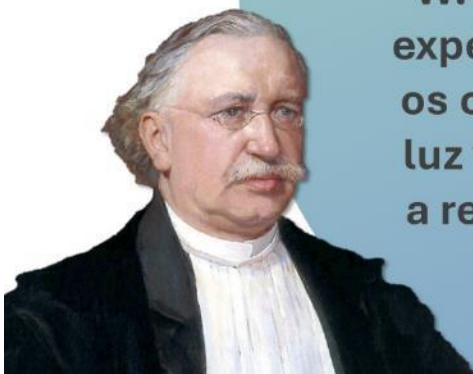
18



### Leitura

Página 125

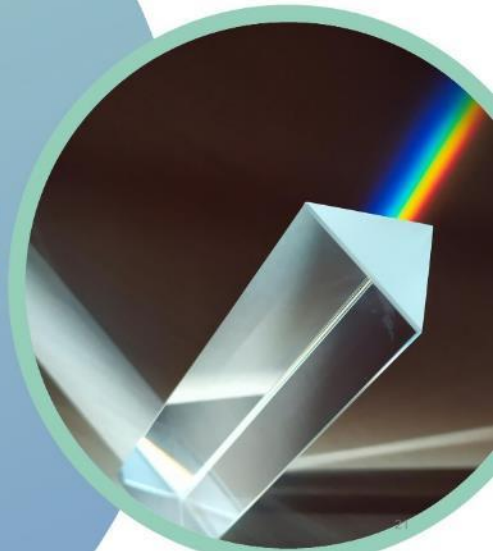
19



Em 1882, o biólogo alemão T. W. Engelmann realizou uma experiência que revelou quais os comprimentos de onda da luz visível mais eficazes para a realização da fotossíntese.

20

**Este cientista inseriu um prisma de vidro no sistema de iluminação de um microscópio, de forma a decompor a luz visível nos seus diversos comprimentos de onda.**



**Montou, nesse dispositivo, uma preparação com um filamento de uma alga verde filamentosa. Colocou na preparação bactérias aeróbias capazes de se movimentar para locais com mais oxigénio (aerotácteis).**



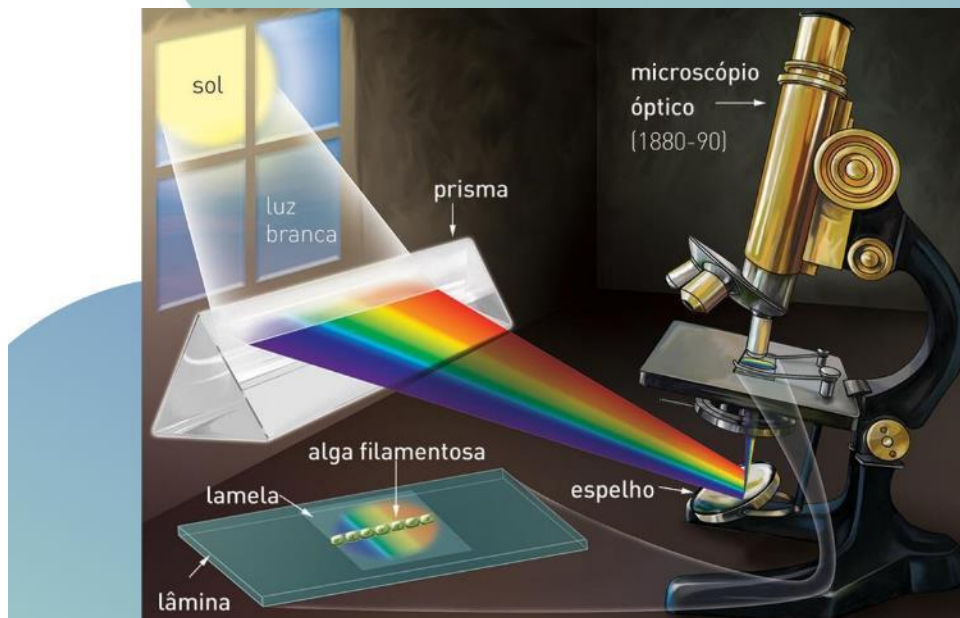
22

**Inicialmente, as bactérias estavam distribuídas de forma aleatória; passado algum tempo, verificou-se uma distribuição preferencial das bactérias junto a certos segmentos da alga.**

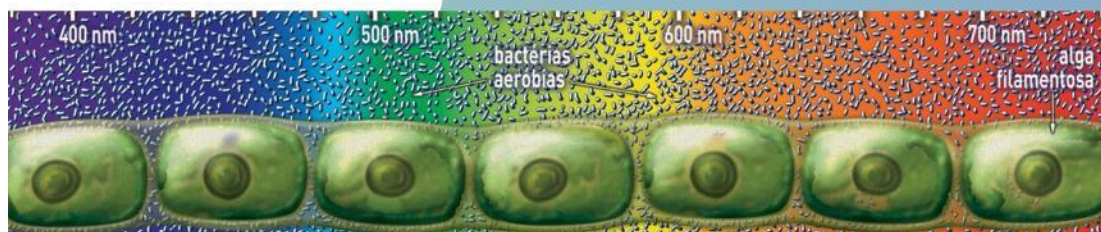
23

**Experiências posteriores comprovaram que essas zonas correspondem aos comprimentos de onda mais absorvidos pelos pigmentos fotossintéticos e que a esses comprimentos de onda correspondem taxas fotossintéticas mais elevadas, com maior libertação de oxigénio.**

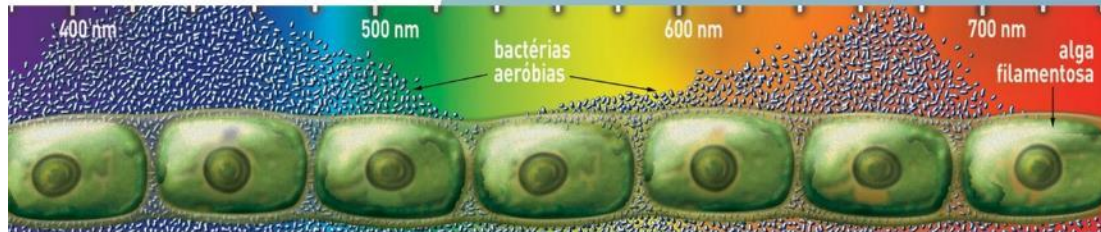
24



25



26



27



## Exercício

Página 126

Exercício 1

28

### Exercício 1 (pág. 126)

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

A) As bactérias distribuem-se, preferencialmente, na região da alga sujeita a radiações entre os 600 nm e os 700 nm.



29

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

B) O oxigénio do meio foi produzido pela alga ao realizar a fotossíntese.



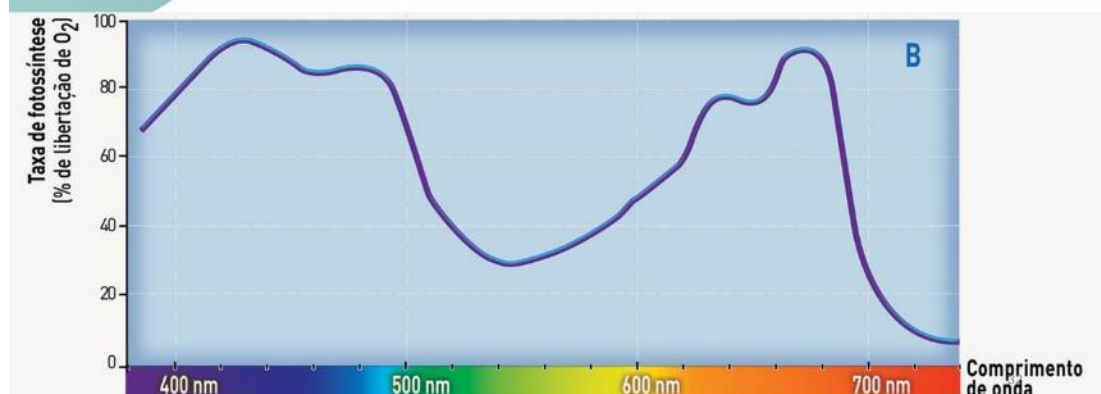
30

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

C) A zona entre os 500 nm e os 600 nm tem uma maior concentração de oxigénio.

31

**Exercício 1 (pág. 126)**

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

C) A zona entre os 500 nm e os 600 nm tem uma maior concentração de oxigénio.



33

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

D) A disposição preferencial das bactérias resultou da disponibilidade de oxigénio.

34

**Exercício 1 (pág. 126)**

35

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

D) A disposição preferencial das bactérias resultou da disponibilidade de oxigénio.



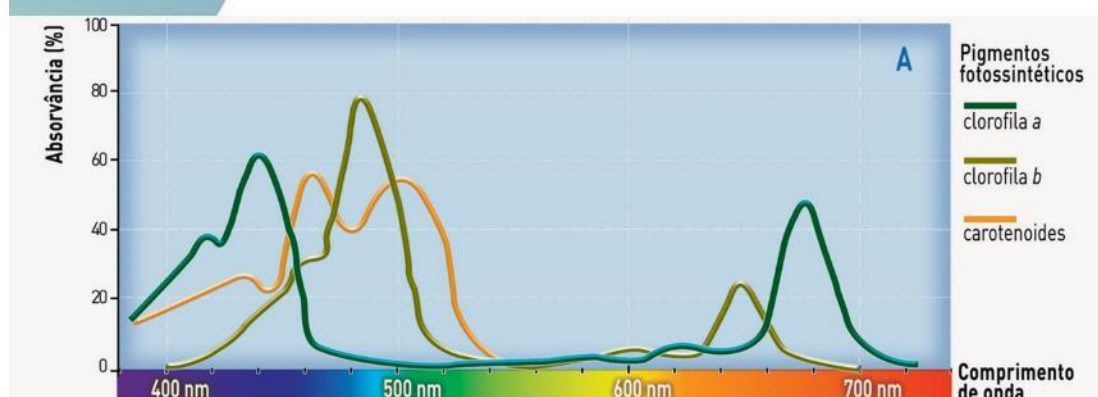
36

**Exercício 1 (pág. 126)**

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

E) A alga absorve preferencialmente as radiações na zona do azul-violeta e do vermelho-laranja.

37

**Exercício 1 (pág. 126)**

38

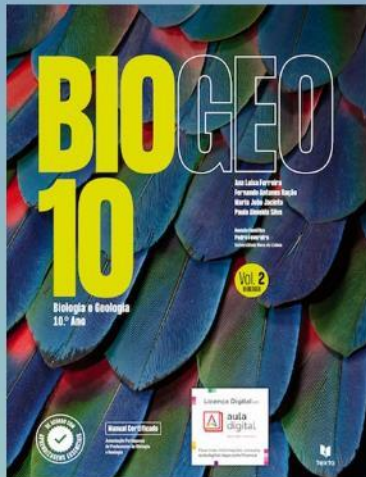
## Exercício 1 (pág. 126)

Classifica como V ou F cada uma das afirmações.

E) A alga absorve preferencialmente as radiações na zona do azul-violeta e do vermelho-laranja.



39



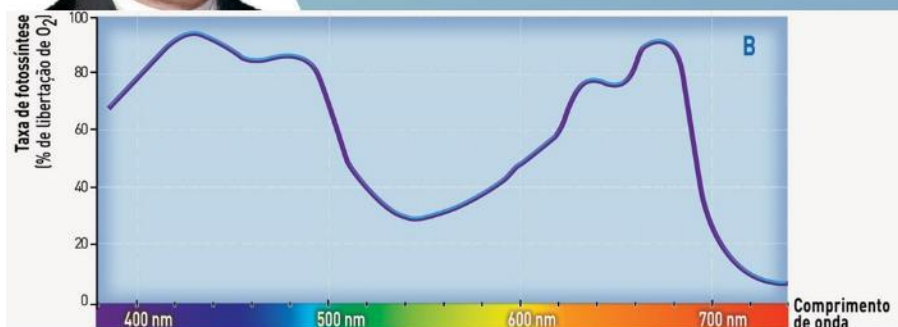
## Leitura

Página 126

40



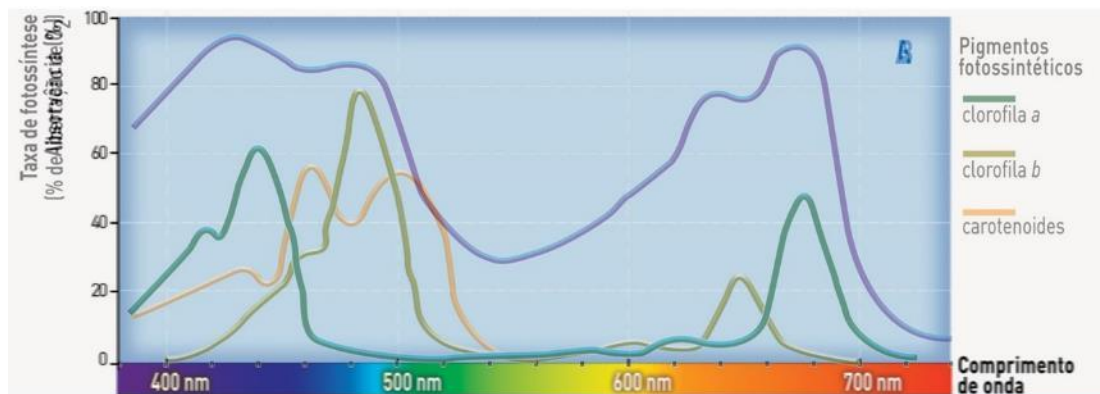
Engelmann comprovou que, com luz verde, praticamente não ocorre fotossíntese.



41

**Assim, os seus resultados estão de acordo com os espectros de absorção e de ação da fotossíntese, gráficos que representam, respetivamente, a absorção de diferentes radiações de luz visível pelos pigmentos fotossintéticos e a variação da taxa fotossintética em função dos diferentes comprimentos de onda.**

42



43

**As radiações azul-violeta e vermelho-laranja são as mais absorvidas e, portanto, permitem uma taxa fotossintética maior. A cor dos pigmentos resulta do facto de não absorverem determinados comprimentos de onda e, portanto, de os refletirem. Por exemplo, a clorofila é um pigmento verde porque absorve todas as radiações da luz visível, com exceção da radiação verde, que é refletida.**

44

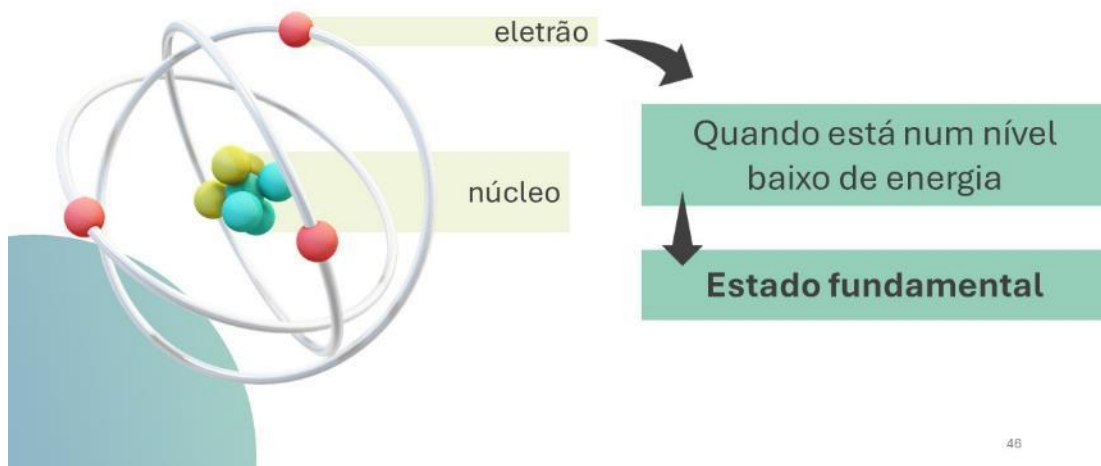
Então...

Maior absorção = maior taxa fotossintética

Como é que isto acontece?

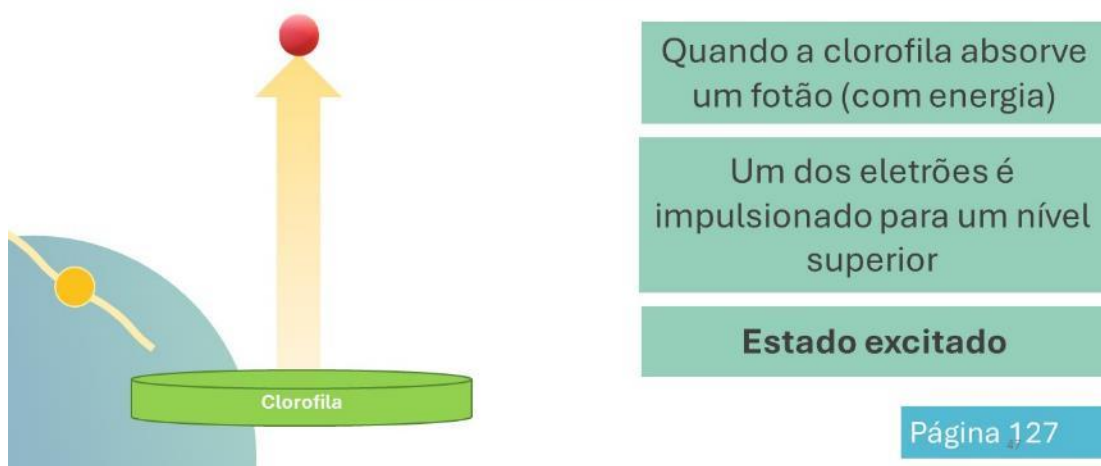
.45

Como é que isto acontece?



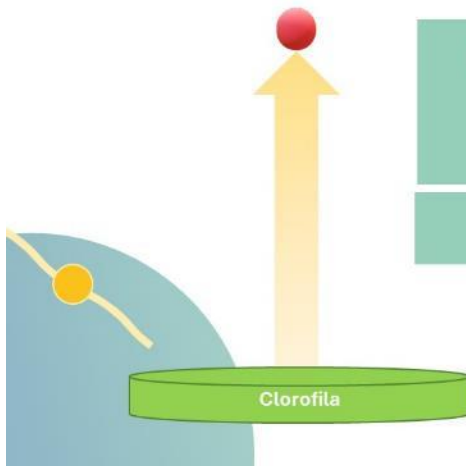
.46

Como é que isto acontece?



Página 127

### Como é que isto acontece?



O eletrão tem um nível de energia tão grande que é transferido para outra molécula.

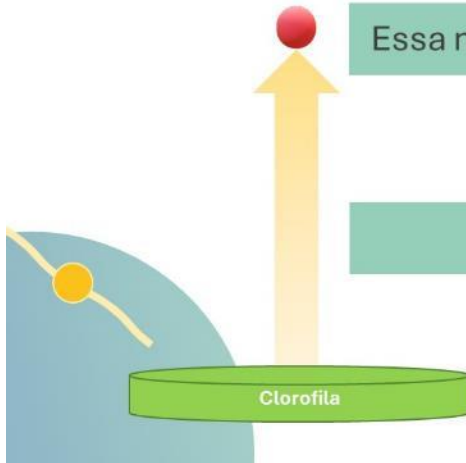
Essa molécula fica...

reduzida      oxidada

Clorofila

Página 127

### Como é que isto acontece?



Essa molécula (aceitadora de eletrões) fica...

reduzida      oxidada

E a clorofila original fica...

reduzida      oxidada

Clorofila

Página 127

### Como é que isto acontece?



A energia luminosa é convertida em energia química

Clorofila

50

## Apêndice I – Apresentação de diapositivos da aula 8

Aula 8

# ATP E NADPH

Rui Pacheco

2024

**Tu e a Ciência**

Uma o mesmo código que usaste no primeiro questionário.

2



## Tu e a Ciência

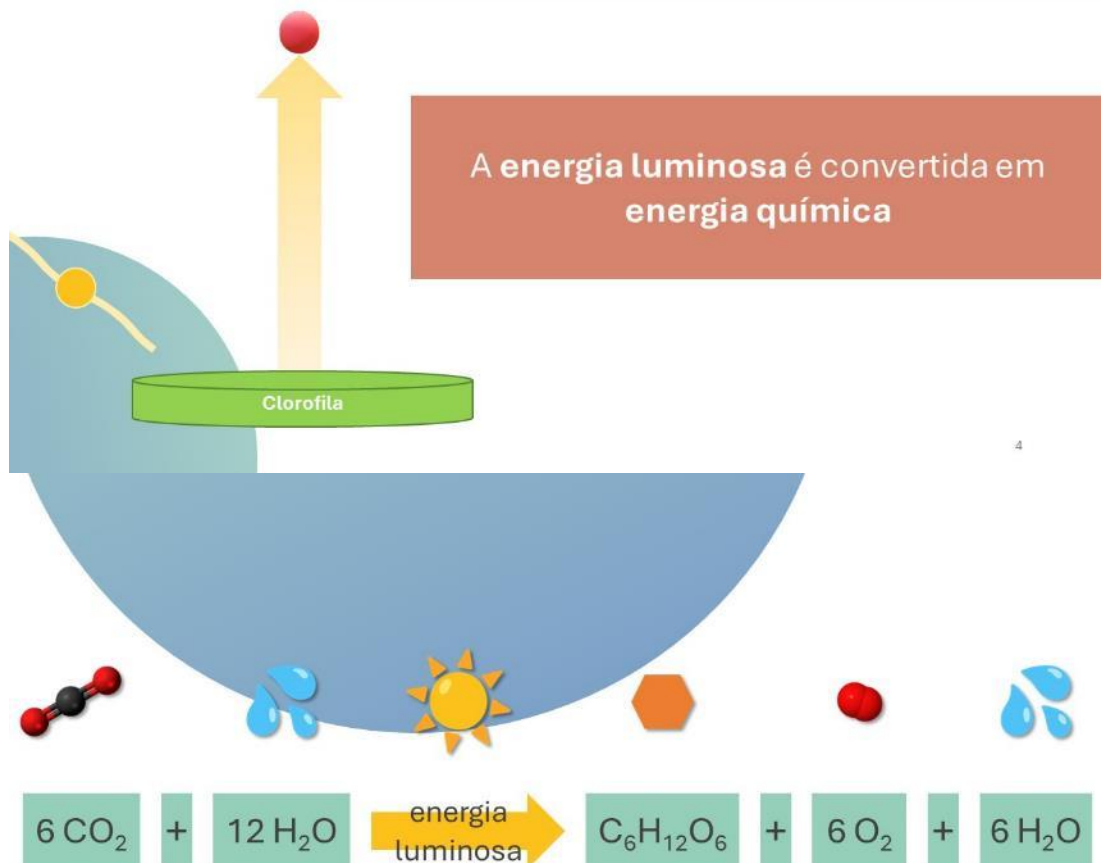
Acede ao questionário através do teu *smartphone*.



<https://forms.gle/xpe6rL1V3fSxLGWh8>

3

## Como é que isto acontece?

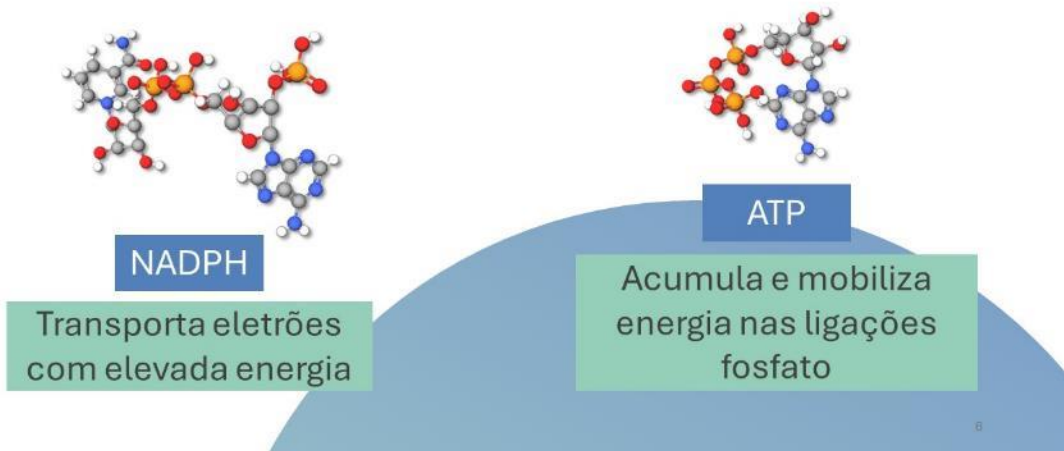


4

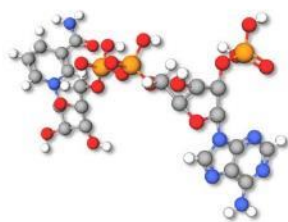
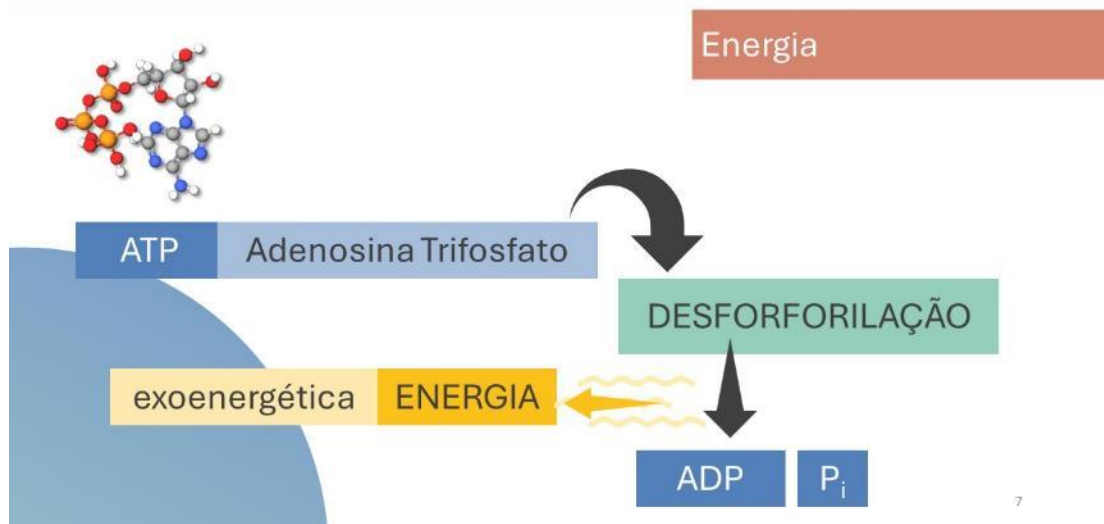
Mas a fotossíntese é assim tão simples?

5

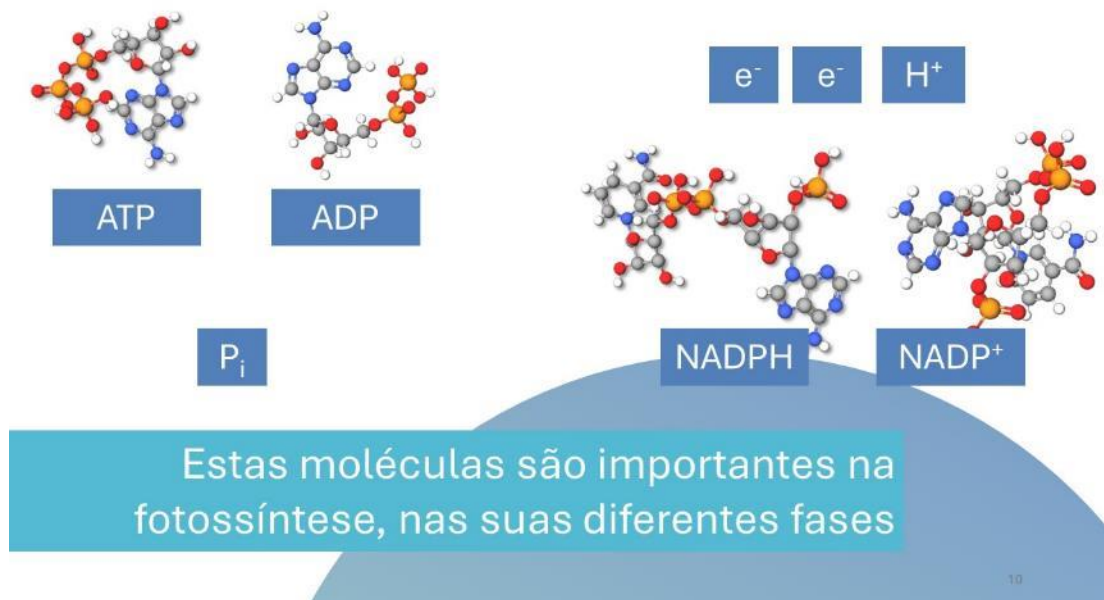
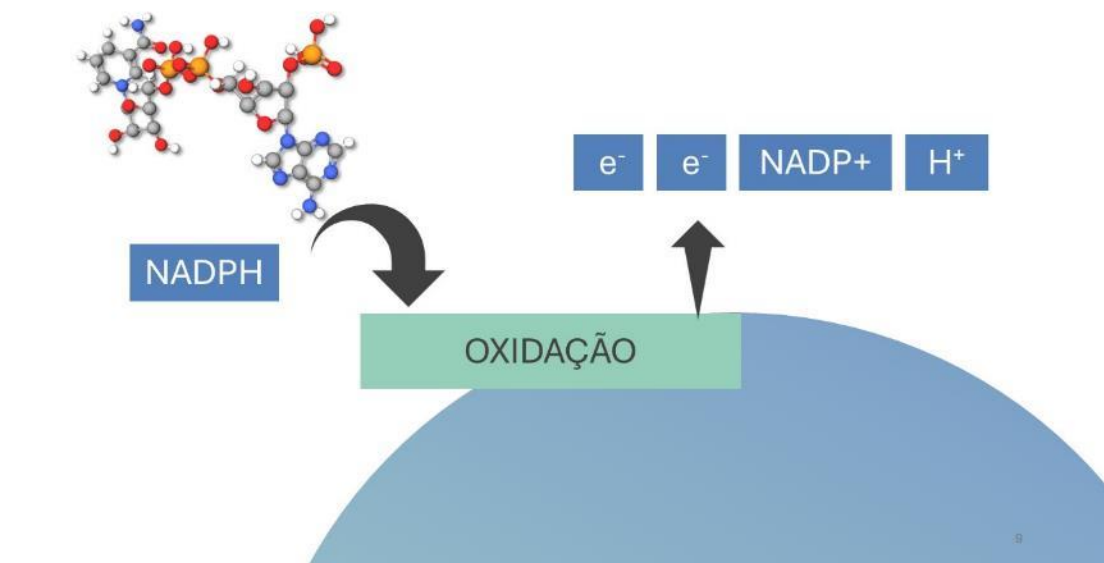
Algures neste processo todo, entram duas moléculas:



A molécula de ATP está associada a...



NADPH Nicosinamida-adenina-dinucleótido-fosfato



Quantas são as fases da fotossíntese?

Quais são?

- Fase fotoquímica
- Fase química

## Apêndice J – Apresentação de diapositivos da aula 9

Aula 9

# FASE FOTOQUÍMICA

Rui Pacheco

2024

Quantas são as fases da fotossíntese?

Quais são?

Fase fotoquímica

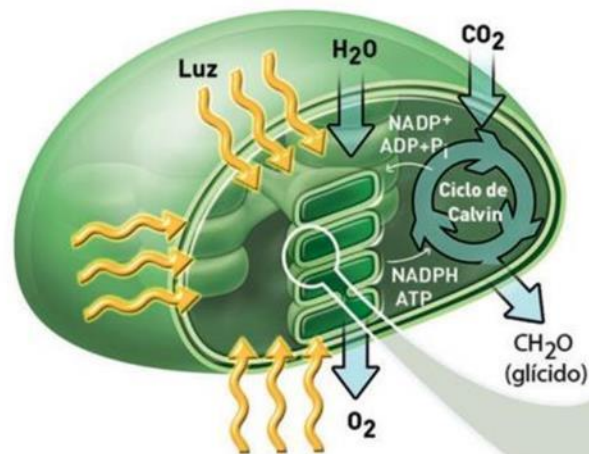
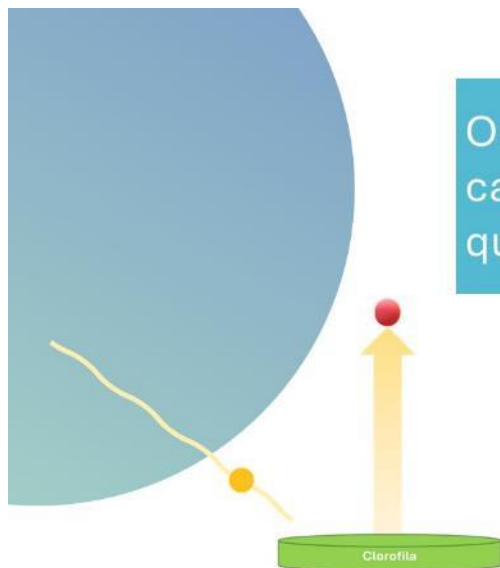
Fase química

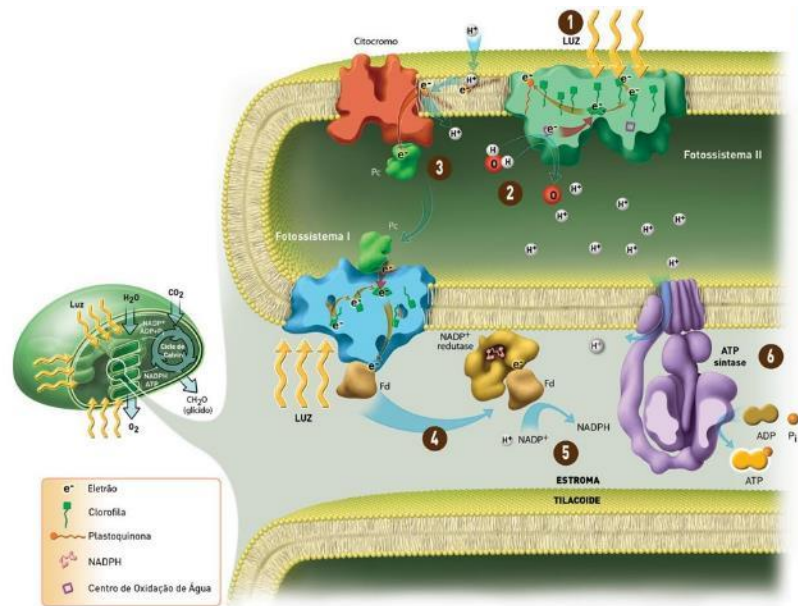
## Fase FOTOquímica

Depende da luz

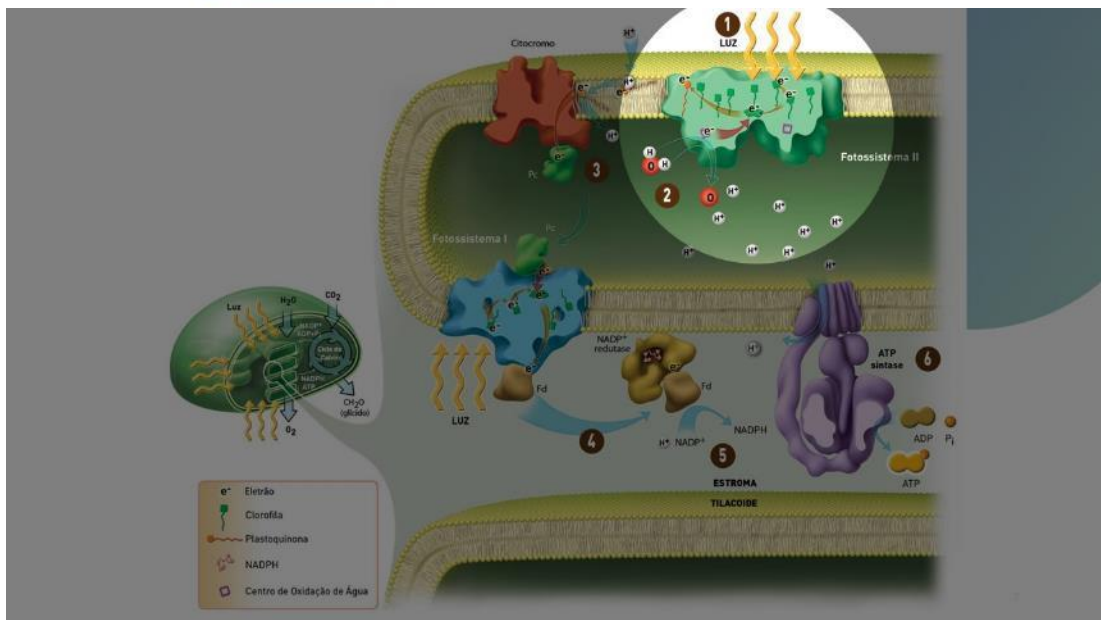
Quando é que ocorre?

Os pigmentos fotossintéticos captam a energia dos fotões, que integram nos fotossistemas





8

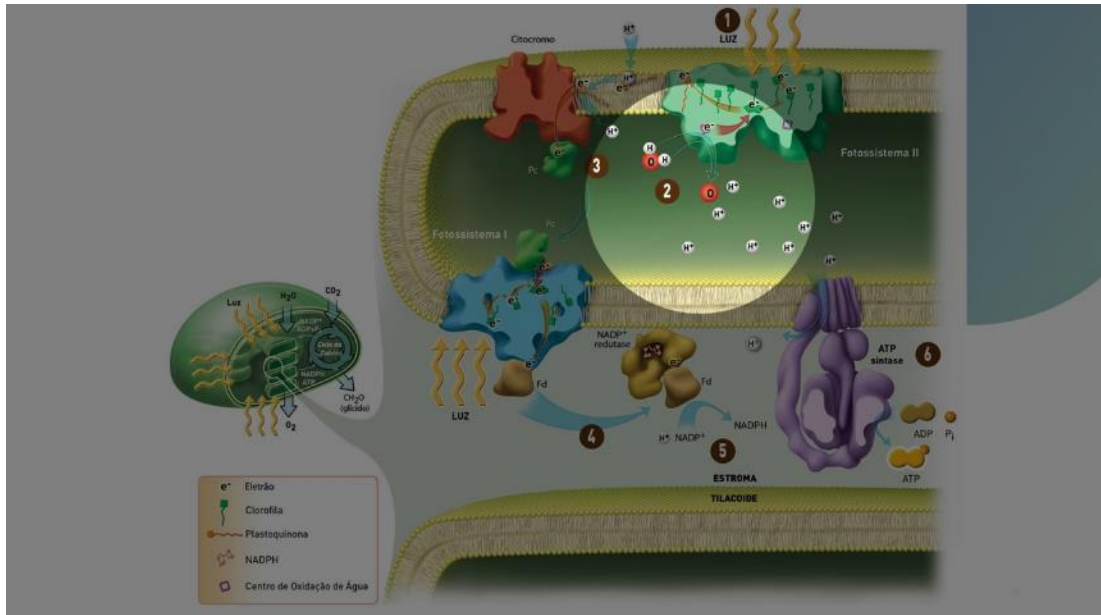


A energia da luz faz com que um par de elétrons salte para um nível energético mais elevado.

A clorofila é oxidada e a molécula aceitadora de elétrons é reduzida.

Inicia-se um fluxo de elétrons que se propaga ao longo de uma série de proteínas ao longo da membrana do tilacóide (cadeia transportadora de elétrons).

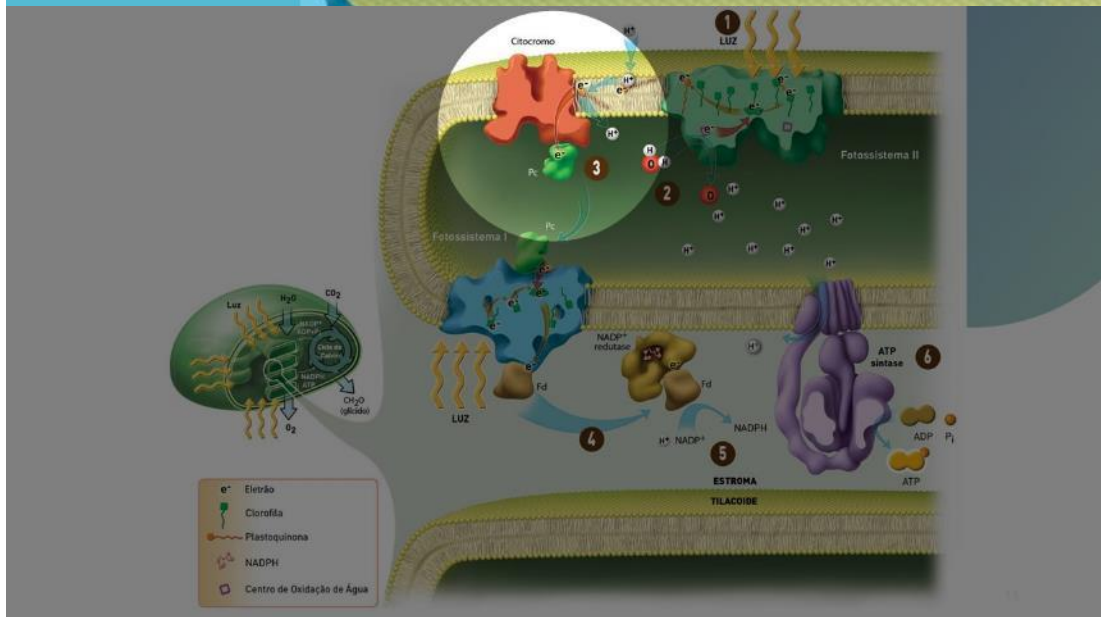
**Fotossistema II**

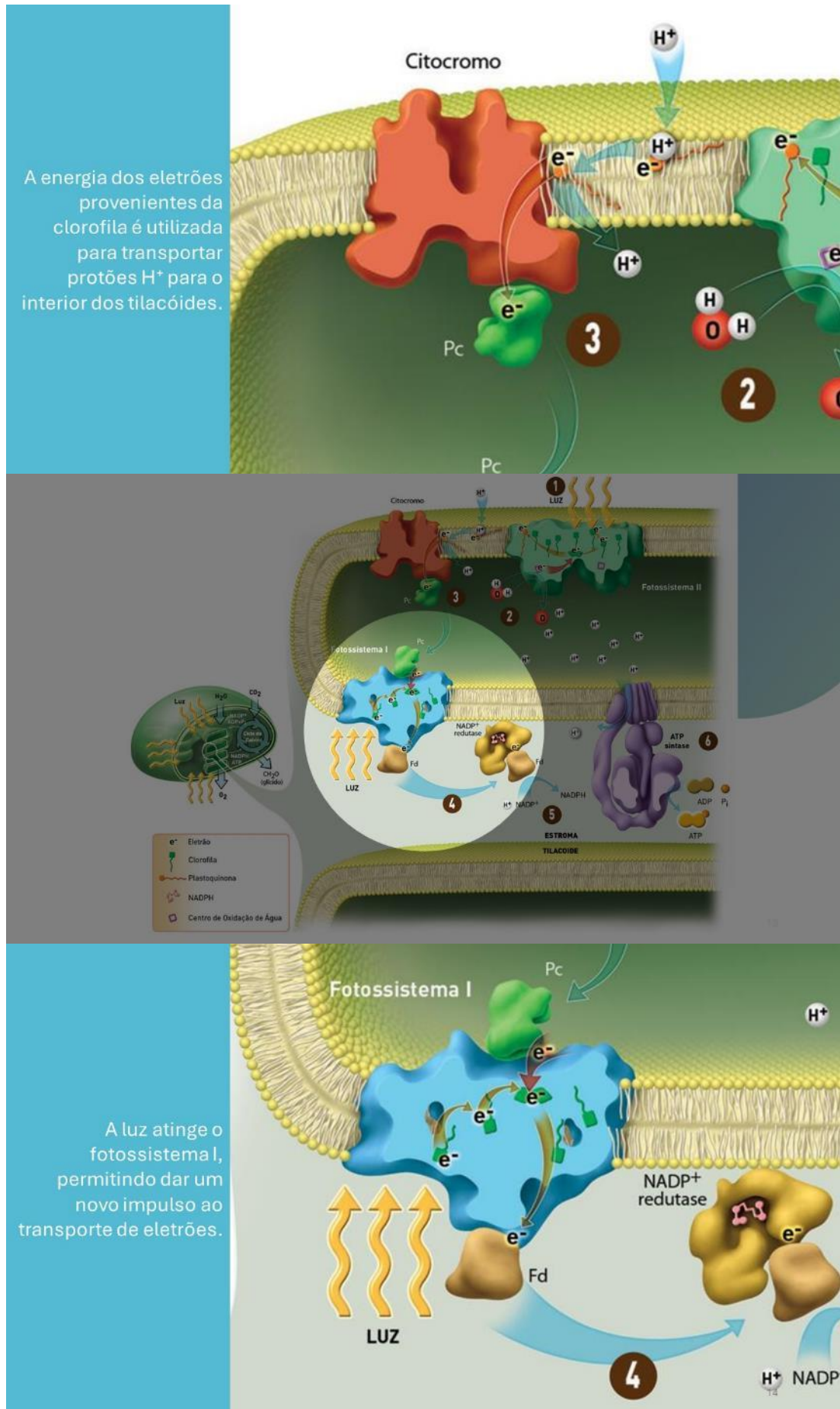


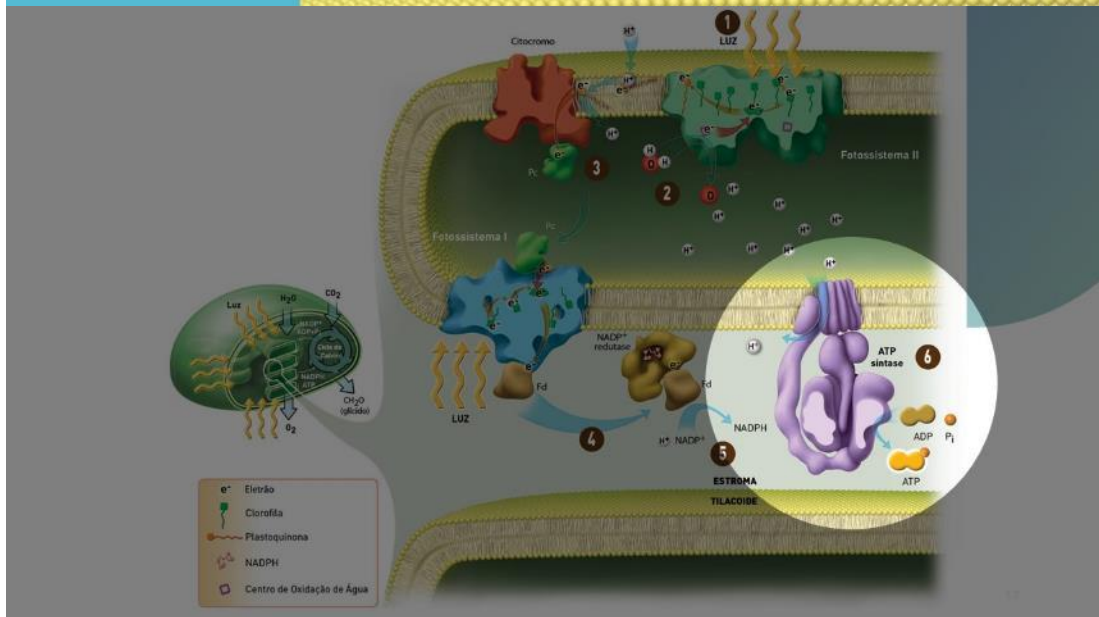
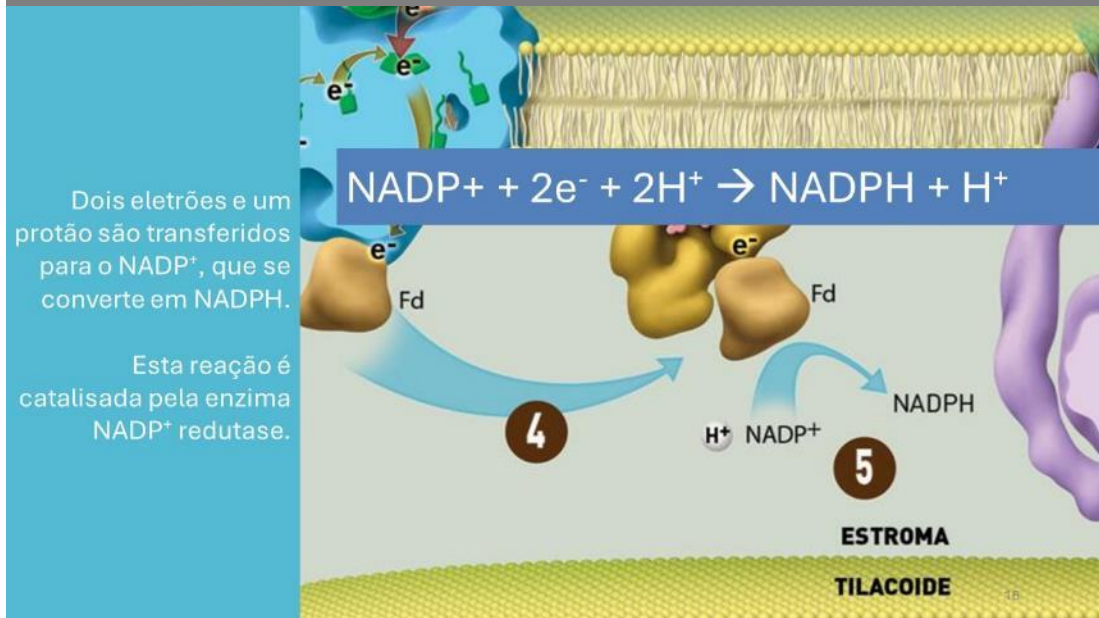
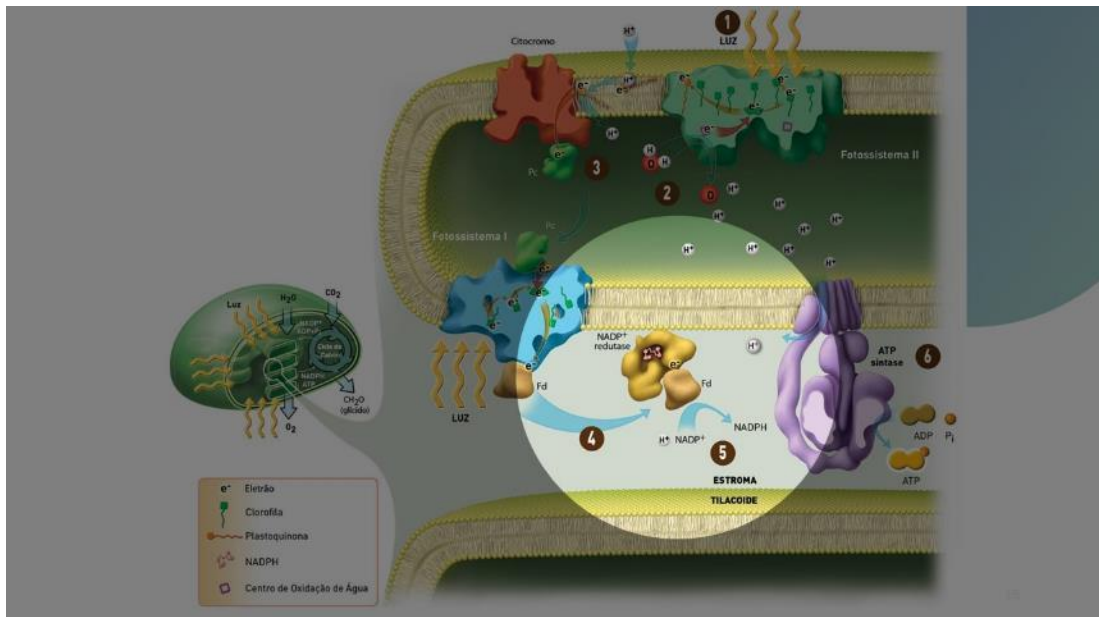
Os elétrons perdidos pela clorofila são repostos pelos elétrons provenientes da molécula de água.

A água é oxidada e a clorofila é reduzida.

A oxidação da água leva à formação de O<sub>2</sub>.

$$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$$






O gradiente de protões é usado para gerar ATP.

O movimento de protões através da ATPsintase, para o exterior do tilacóide, permite catalisar a síntese de moléculas de ATP.

$ADP + P_i + \text{energia} \rightarrow ATP + H_2O$

Fd

NADPH

5

ESTROMA

TILACOIDE

ATP sintase

ADP

P<sub>i</sub>

ATP

18

1 LUZ

2

3

4

5

6

ESTROMA

TILACOIDE

Fotossistema II

Fd

NADP<sup>+</sup> redutase

NADPH

ATP sintase

ADP

P<sub>i</sub>

ATP

Energia luminosa

Energia química

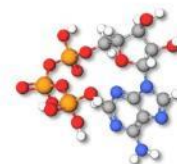
Lembras-te das moléculas da aula de ontem?

19

Algures neste processo todo, entram duas moléculas:



Transporta eletrões com elevada energia



Acumula e mobiliza energia nas ligações fosfato



## Atividade

### FOTOestafeta

Ganha o grupo com mais respostas certas

Em caso de empate, ganha o grupo mais rápido



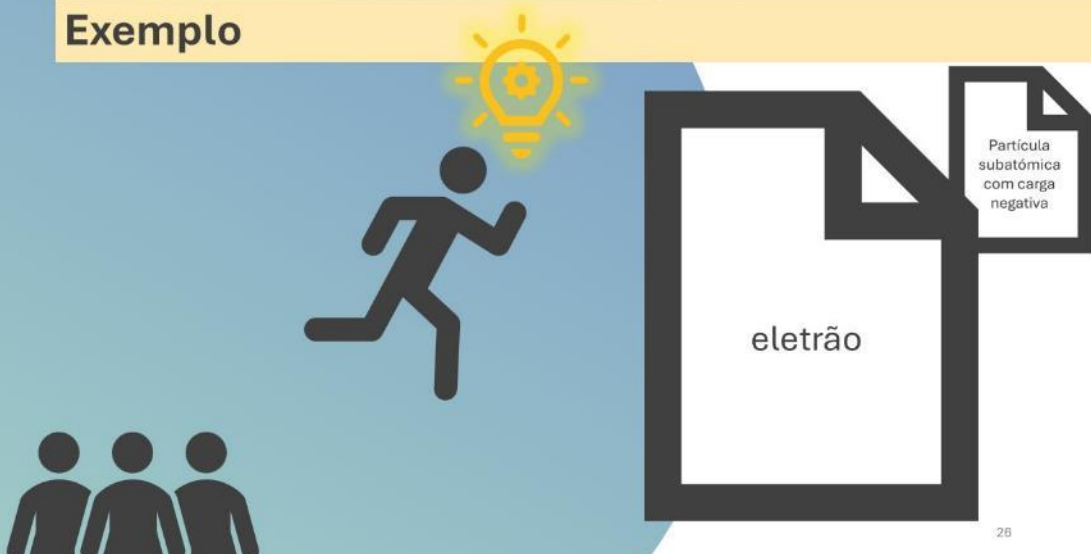
24

### Exemplo



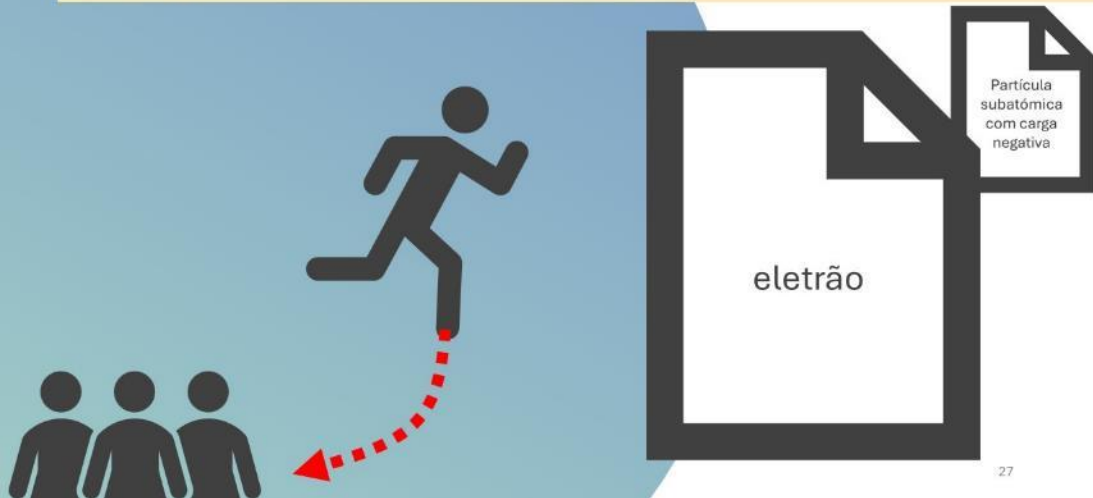
25

### Exemplo



26

## Exemplo



### Atividade - Solução

#### FOTOestafeta

Estruturas membranares com a forma de discos achatados.



#### TILACÓIDES

28

### Atividade - Solução

#### FOTOestafeta

Pigmento fotossintético de cor verde.



#### CLOROFILAS

29

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Perda de elétrons de pigmentos fotossintéticos, resultado da captação de energia luminosa.

**OXIDAÇÃO DAS CLOROFILAS**

30

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Molécula intermediária da fotossíntese, que resulta da captação de elétrons pela molécula nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato oxidada.

**NADPH**

31

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Fosforilação da molécula adenosina-difosfato

**ADP → ATP**

32

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Local onde a energia luminosa oxida clorofilas, que cedem elétrons para a formação de NADPH

**Fotossistema I**

33

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Local reduzido por elétrons provenientes da oxidação da água.

**Fotossistema II**

34

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Ganho de elétrons de pigmentos fotossintéticos, com origem na oxidação das moléculas de água.

**REDUÇÃO DAS CLOROFILAS**

35

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Enzima que catalisa a redução da molécula nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato.

**NADP<sup>+</sup> REDUTASE**

36

**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Enzima que catalisa a fosforilação da molécula adenosina-difosfato.

**ATP SINTASE**

37

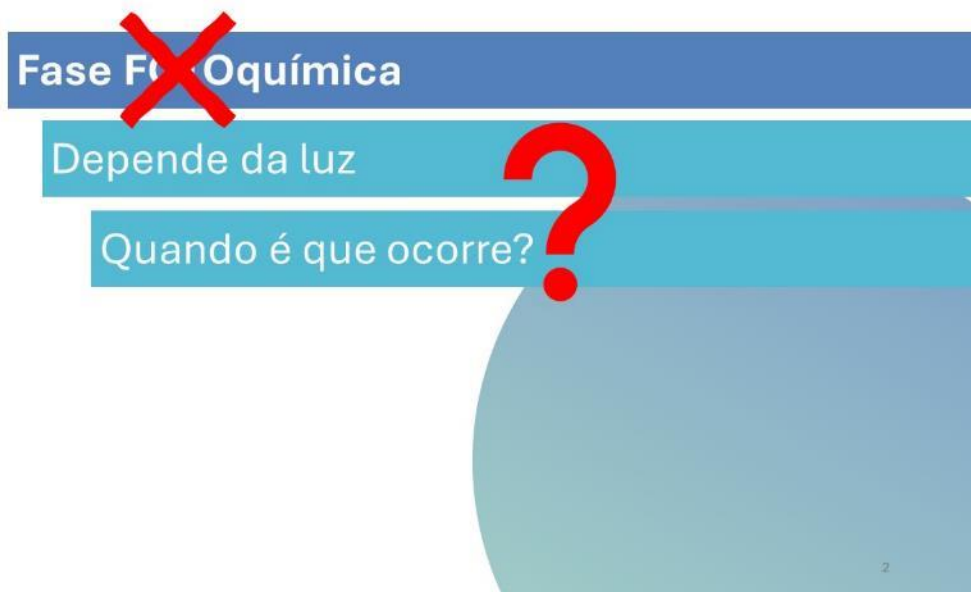
**Atividade - Solução****FOTOestafeta**

Conjunto de reações fotossintéticas, dependentes da luz, que ocorrem nos tilacóides.

**FASE FOTOQUÍMICA**

38

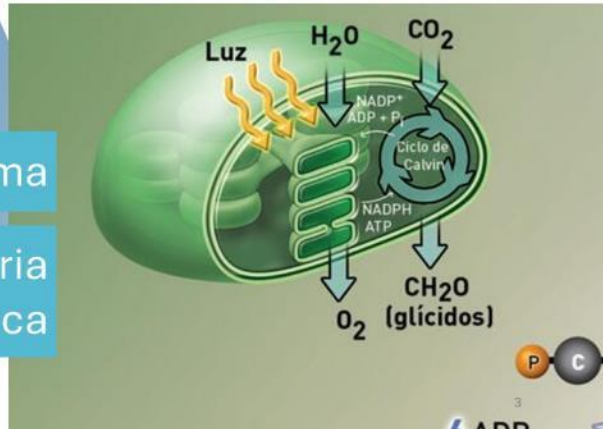
## Apêndice K – Apresentação de diapositivos das aulas 10, 11 e 12



## Fase química – Ciclo de Calvin

Ocorre no estroma

Produção de matéria orgânica



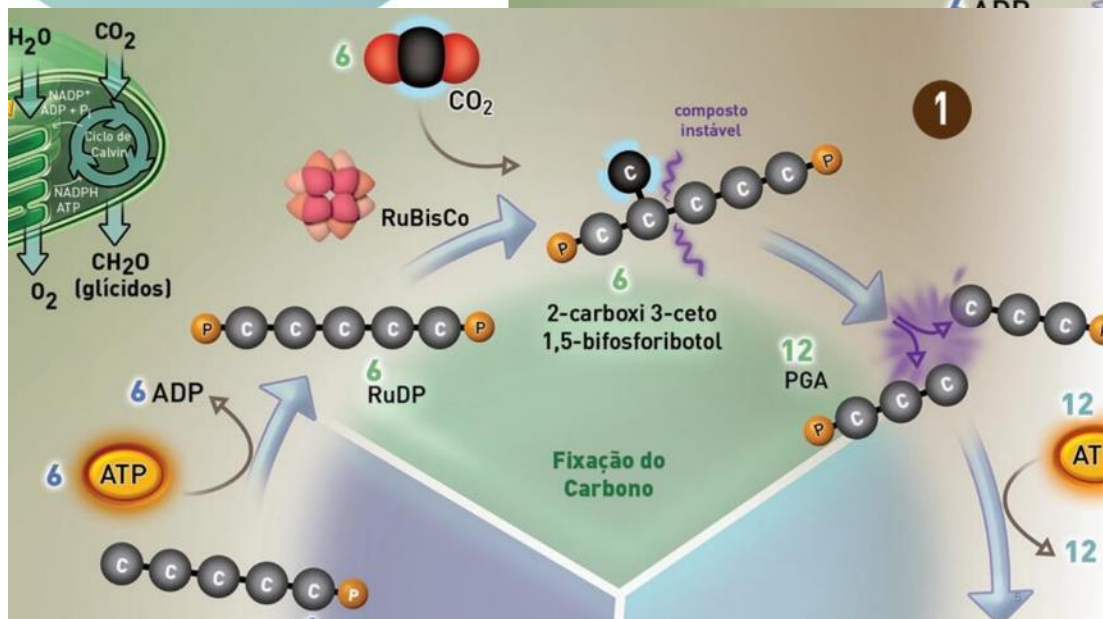
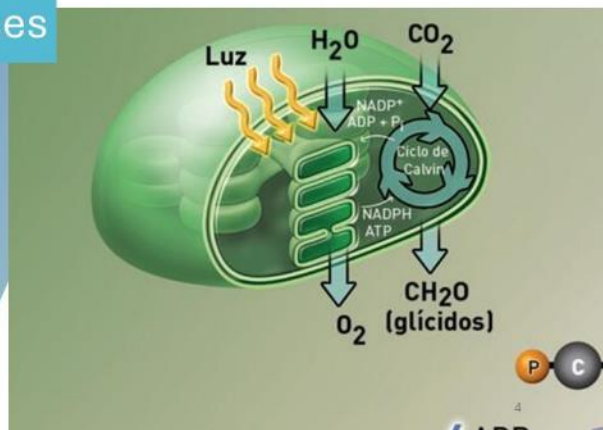
## Fase química – Ciclo de Calvin

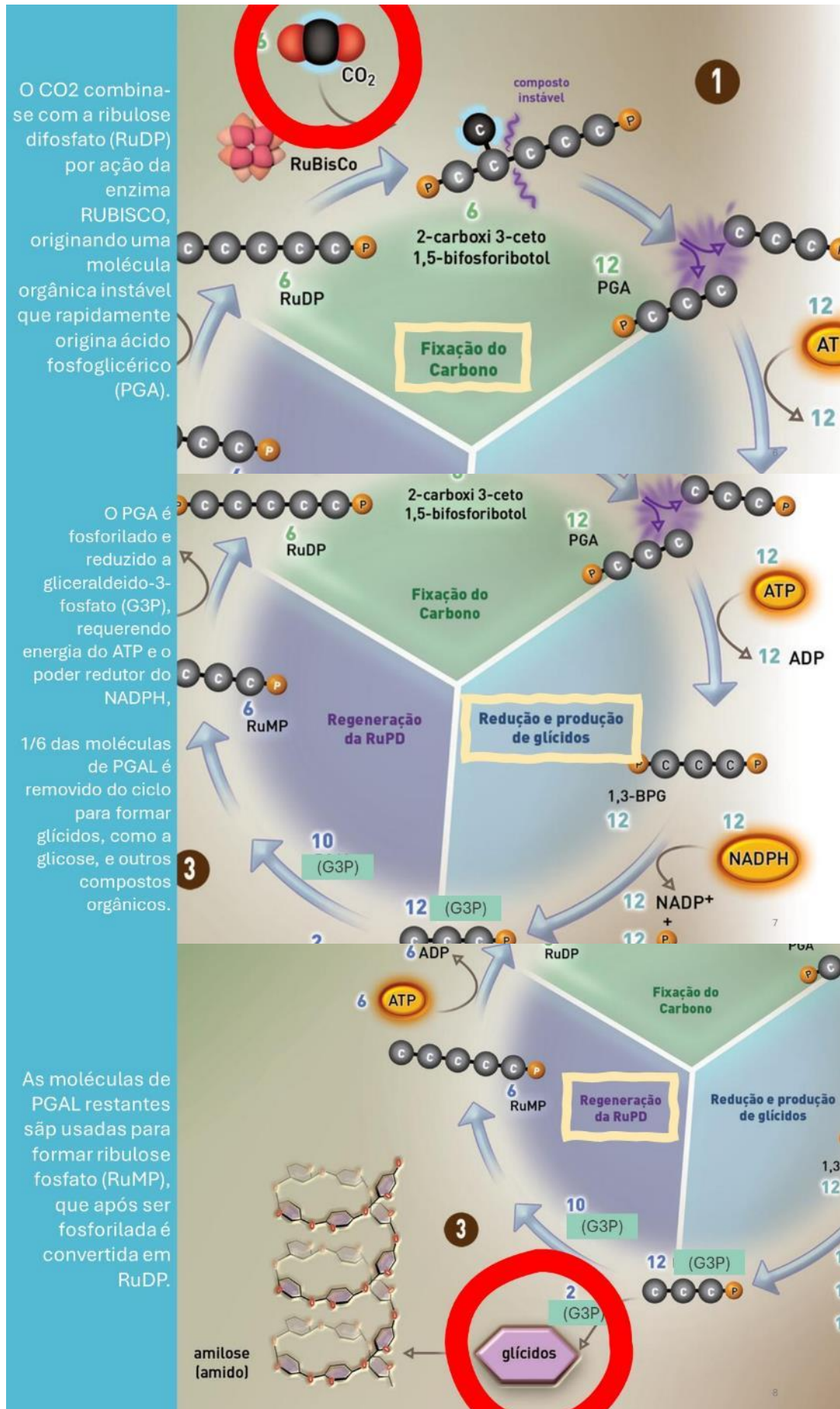
3 fases

Fixação do carbono

Redução e produção de glicídios

Regeneração da RuDP



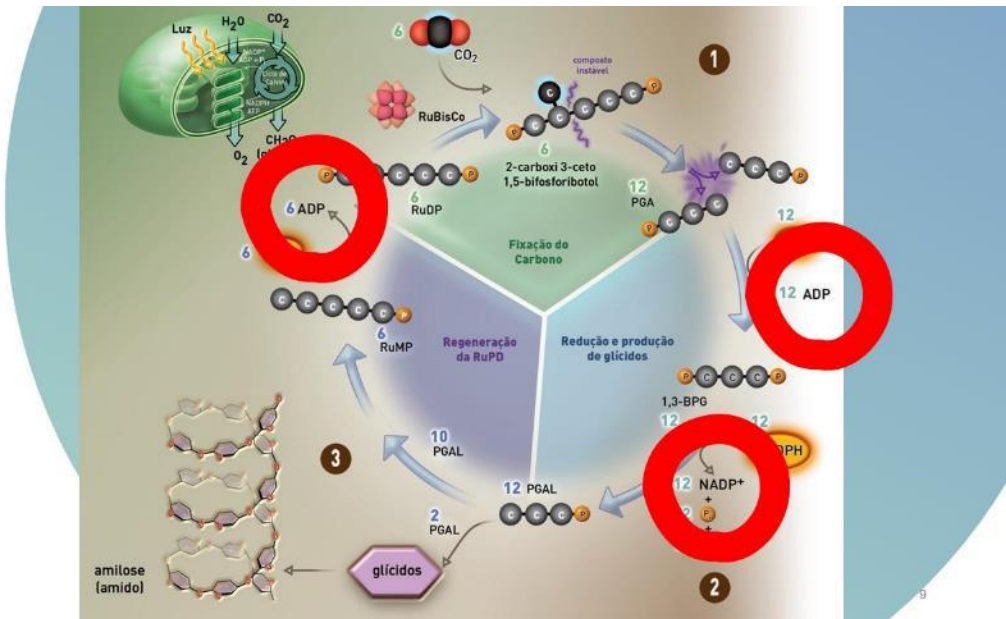


O CO<sub>2</sub> combina-se com a ribulose difosfato (RuDP) por ação da enzima RUBISCO, originando uma molécula orgânica instável que rapidamente origina ácido fosfoglicérico (PGA).

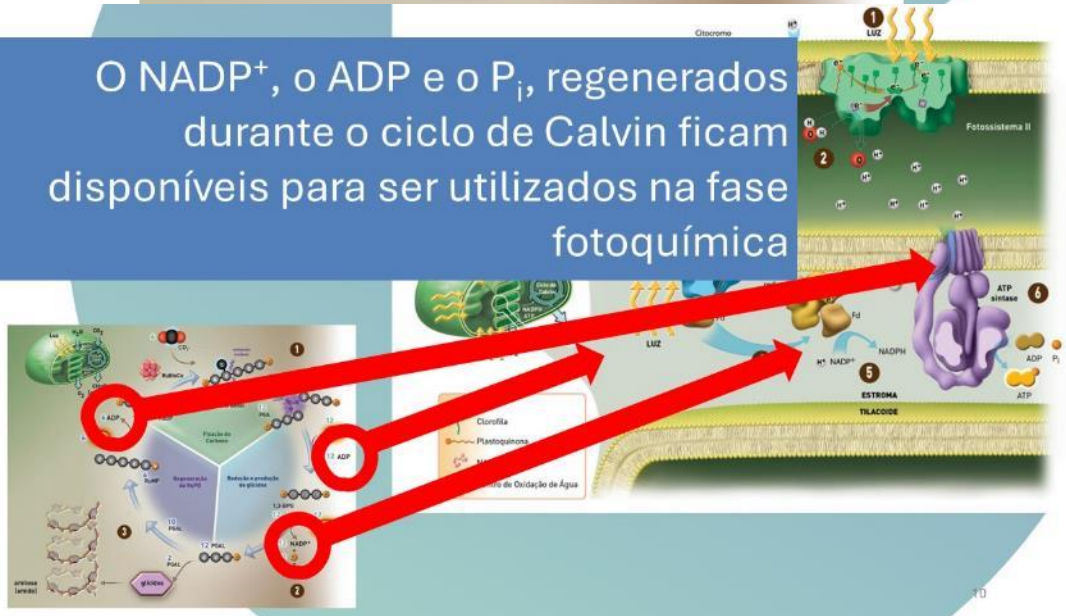
O PGA é fosforilado e reduzido a gliceraldeído-3-fosfato (G3P), requerendo energia do ATP e o poder redutor do NADPH,

1/6 das moléculas de PGAL é removido do ciclo para formar glicídios, como a glicose, e outros compostos orgânicos.

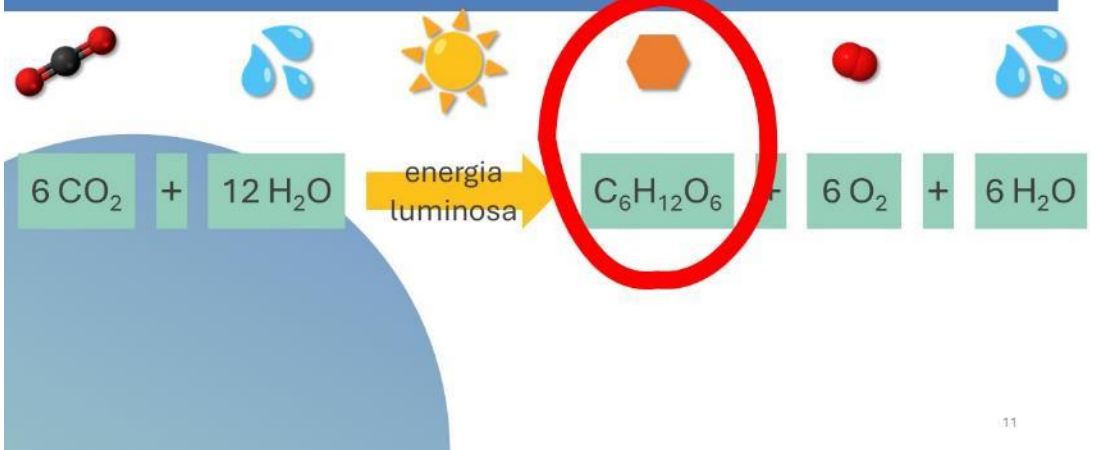
As moléculas de PGAL restantes são usadas para formar ribulose fosfato (RuMP), que após ser fosforilada é convertida em RuDP.

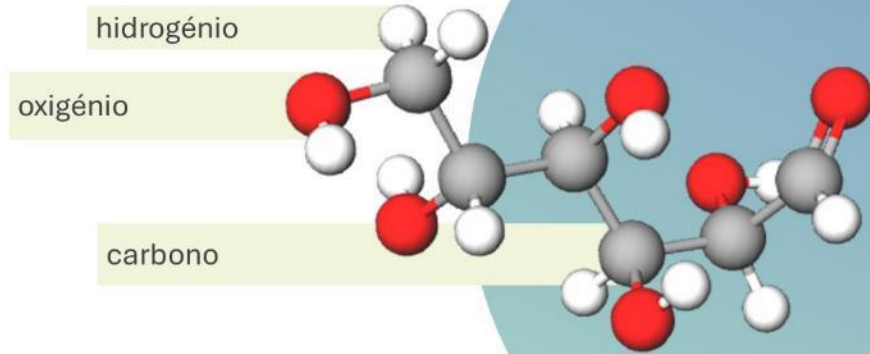


O NADP<sup>+</sup>, o ADP e o P<sub>i</sub>, regenerados durante o ciclo de Calvin ficam disponíveis para ser utilizados na fase fotoquímica

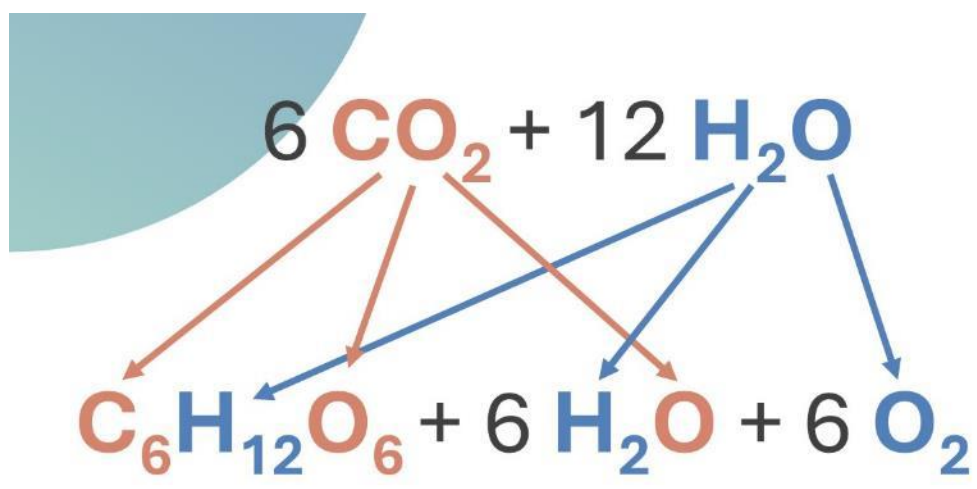
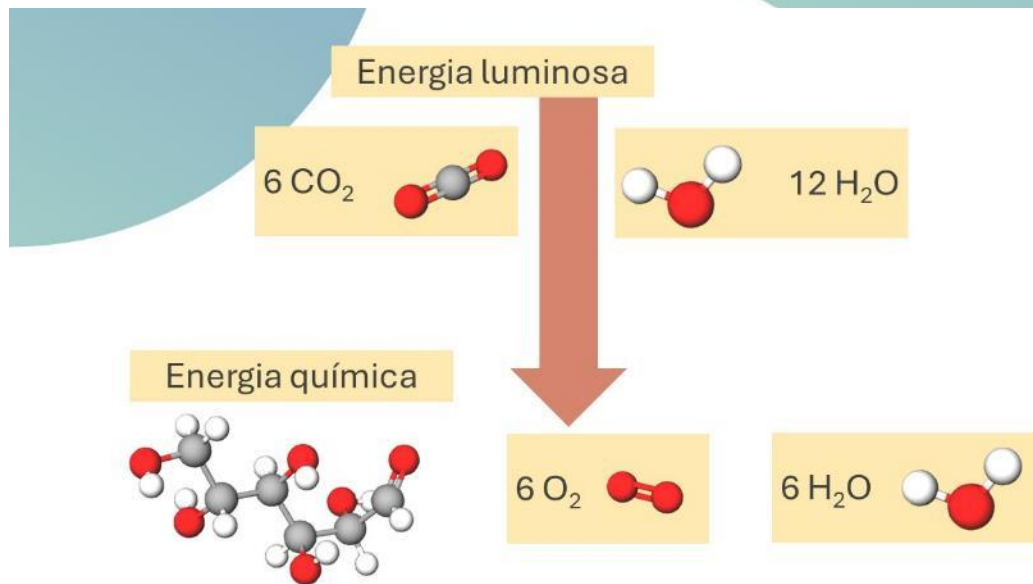


Que produto destes processos é que serve de fonte de energia para a planta?





Energia química, acumulada nas ligações entre os átomos de carbono da glicose



A fotossíntese é um processo...

exoenergético

endoenergético

Os produtos têm... .. do que os reagentes.

mais energia

menos energia

15

### RESUMINDO...

Nas plantas, a fotossíntese acontece...

...nos cloroplastos.

Os pigmentos fotossintéticos são...

...as **clorofilas** e os **carotenóides**.

Do espectro de luz visível, a cor mais refletida é a...

...verde.

Quanto maior a absorvância, por parte dos pigmentos...

...maior a taxa fotossintética.

16

### RESUMINDO...

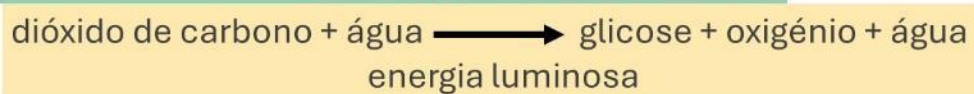
Na passagem de ATP para ADP acontece...

...desfosforilação.

Energeticamente, a desfosforilação é um processo...

...exoenergético.

Equação geral da fotossíntese:



17

**RESUMINDO... Fase fotoquímica**

Os pigmentos fotossintéticos estão associados aos...  
 ...fotossistemas.  
 A luz ... .. as clorofilas.  
 oxida  
 Os elétrons das clorofilas são repostos...  
 ...pela oxidação da água.

**RESUMINDO... Fase fotoquímica**

Os elétrons são conduzidos através da...  
 ...Cadeia Transportadora de Elétrons.  
 Esses elétrons são usados na ... .. do NADP+.  
 redução  
 A energia dos elétrons é usada para o transporte de H+ de fora para dentro dos tilacóides. O gradiente...  
 ...ativa a fosforilação de ADP para ATP..

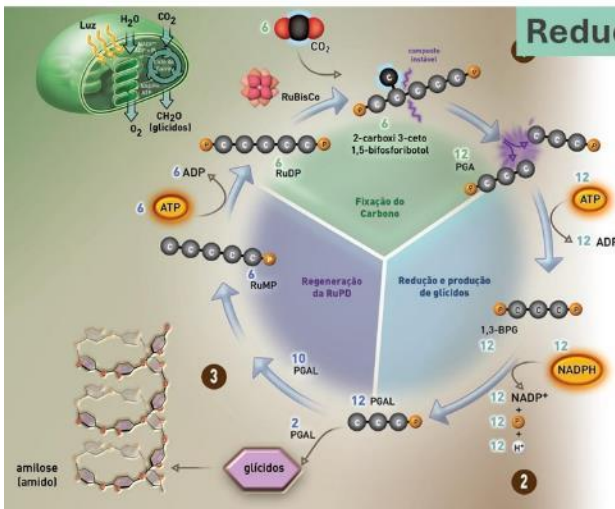
**RESUMINDO... Fase química**

Ocorre no...  
 ...estroma.  
**Fixação do carbono**  
 Enzima RuBisCO catalisa a incorporação do CO2 na estrutura da RuBP.  
 A estrutura é instável, quebra e formam-se compostos com 3 carbonos.

RESUMINDO...

Fase química

Redução e produção de açúcares



Os compostos com 3 carbonos são fosforilados pelo ATP e reduzidos pelo NADPH.

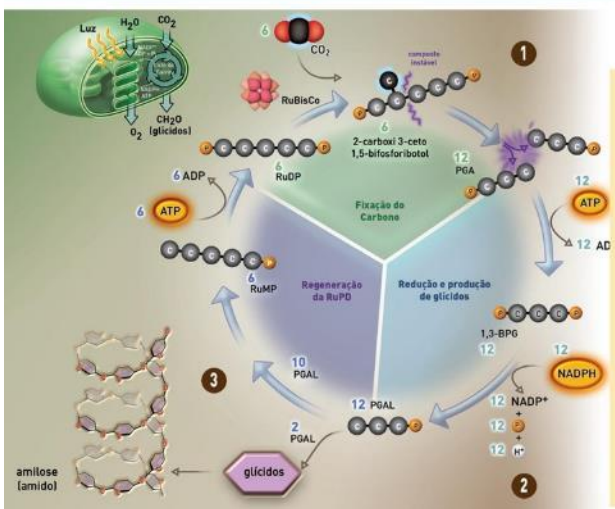
Forma-se um composto com 3 carbonos e um grupo fosfato que pode originar glícidos (como a

Gliceraldeído-3-fosfato (G3P) glicose).

RESUMINDO...

Fase química

Regeneração da RuBP



As moléculas de G3P que não são usadas na formação de açúcares, são fosforiladas pelo ATP, regenerando a RuBP.

A RuBP fica, então, disponível para fixar mais CO<sub>2</sub>.

22

Dúvidas?

23



## Avaliação

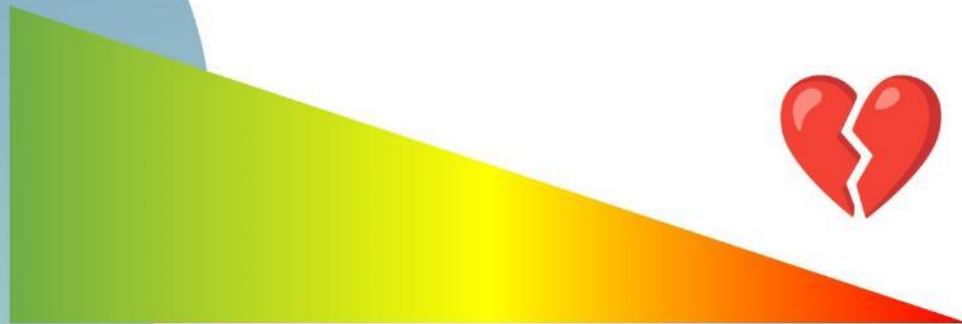
Acede ao questionário através do teu *smartphone*.



<https://forms.gle/ZQon9bPiRHxqmM1Q8>

24

## Tu e a Ciência



Interesse dos jovens pela Ciência

25

## Tu e a Ciência



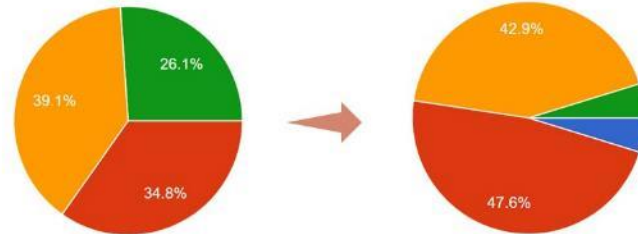
26

## Tu e a Ciência

### Resultados preliminares

Os cientistas são *nerds*.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Concordo
- Concordo totalmente



27

## Tu e a Ciência

### Resultados preliminares

Gostava de ter um emprego ligado à Ciência.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Concordo
- Concordo totalmente



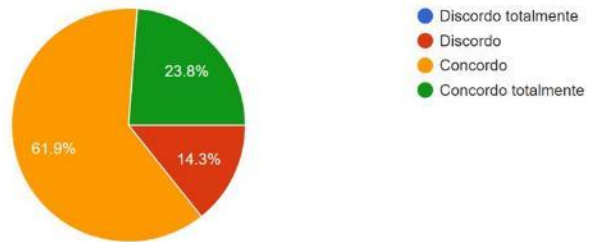
28

## Tu e a Ciência

### Resultados preliminares

Gostava de ter mais oportunidades de contacto com cientistas, no futuro.

21 responses



29

MUITO  
OBRIGADO

30