

Universidade de Lisboa



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Potencialidades da gamificação nas aprendizagens do
domínio “Alterações do material genético – mutações”
em alunos do 12.º ano de Biologia**

Francisco Alexandre Caldetta Ribeiro de Almeida

Mestrado em Ensino da Biologia e Geologia

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pelo Professor

Doutor Pedro Guilherme Rocha dos Reis

2024

Agradecimentos

No dia 30 de janeiro de 2020 tive uma reunião com a professora Carla Kullbert, representante de Ciências na Comissão Coordenadora dos Mestrados em Ensino da Universidade de Lisboa, dando origem a um percurso que está agora, 4 anos e sete meses depois, prestes a terminar. Aos 56 anos, posso dizer que não trocava esta experiência por nenhuma outra em termos de aprendizagem, relacionamento humano e enriquecimento pessoal. Tem sido, como se diz na língua inglesa, a *life-changing experience*.

Quero por isso agradecer a todos os que tornaram essa experiência possível, começando pela minha família mais próxima, em especial a minha querida esposa Maria do Céu, e os meus dois filhos, Diogo e Beatriz, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram desde a primeira hora. Foram e são fantásticos.

Dos muitos professores com quem aprendi, deixo uma palavra de especial carinho e agradecimento à professora Fátima Cotrim, a minha professora cooperante, que me ajudou ao longo de todo o ano letivo e me deu a possibilidade de assistir às suas aulas. A sua disponibilidade, orientações e simpatia ultrapassaram em muito o que se poderia esperar de quem desempenha essa tarefa.

Agradeço igualmente a todos os professores deste mestrado em ensino de Biologia e Geologia, que são a demonstração viva de amor ao ensino e às ciências, conseguindo passar essa paixão aos alunos, e em particular ao meu orientador Professor Doutor Pedro Reis, por todo o apoio e confiança que depositou em mim ao longo da elaboração deste relatório.

Aos meus colegas do mestrado, uma turma incrivelmente rica e diversa com quem tive o privilégio de trabalhar durante estes anos, em especial a Mariana e o Rui, com quem fiz inúmeros trabalhos. A sua sensibilidade, inteligência e humor foram marcantes e tornaram bem mais fáceis muitos dos desafios que enfrentei. Isto para além das saídas de campo, que se tornavam ótimas oportunidades de convívio.

Dedico este trabalho à minha família ancestral, que não conheci mas que me permitiu chegar aqui, e também aos meus avós maternos – sempre as memórias de infância –, aos meus pais e à minha irmã.

Resumo

Apesar das iniciativas que os professores continuamente implementam em termos pedagógicos, existe um entendimento generalizado de que a escola enfrenta grandes desafios no que respeita à motivação e envolvimento dos estudantes, com os métodos educativos tradicionais a serem frequentemente considerados ineficazes e aborrecidos pelos alunos.

A gamificação tem-se tornado cada vez mais popular e é utilizada amplamente em diferentes setores da sociedade, como a gestão, o *marketing*, a saúde ou a ecologia, entre outros. No seu âmago está a utilização de elementos típicos do *design* de jogos em contextos de “não-jogo”, com o objetivo de aumentar a satisfação dos participantes e, dessa forma, reforçar a sua motivação e envolvimento nas atividades. A gamificação em contextos pedagógicos pode, por isso, constituir parte da solução para reverter o declínio na motivação dos alunos associado ao sistema de ensino tradicional, o que é particularmente relevante, já que vários estudos referem que estes elementos são essenciais para alcançar níveis de desempenho académico mais elevados.

A intervenção, que serviu de base ao presente Relatório da Prática de Ensino Supervisionada, procurou avaliar as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações”, em alunos de uma turma do 12.º ano de Biologia, tendo decorrido numa escola pública da área da grande Lisboa, durante 12 aulas e ao longo de 7 semanas. Foram introduzidos elementos típicos de jogos ao longo destas aulas, tendo sido recolhidos dados recorrendo a diferentes instrumentos, como o diário de bordo, questionário e recolha documental. Para a investigação foi adotada uma abordagem qualitativa, recorrendo a um grupo de alunos, com os dados a serem interpretados a partir da sua recolha. A análise dos resultados da investigação mostra que a abordagem dos conteúdos num formato gamificado contribuiu para aumentar a motivação, o envolvimento e a autonomia dos alunos do 12.º ano nas suas aprendizagens, podendo assim ter contribuído para reforçar o seu desempenho académico. Estes resultados estão em linha com a maioria da literatura publicada sobre este tema.

No final, são lançadas algumas reflexões sobre a intervenção no âmbito da prática de ensino supervisionada, acompanhadas de sugestões de melhoria ao trabalho realizado.

Palavras-chave: Gamificação; Motivação; Desenvolvimento de competências; Mutações e Biologia.

Abstract

Despite the initiatives that teachers continually implement in pedagogical terms, there is a widespread understanding that schools face major challenges in terms of student motivation and engagement, with traditional educational methods often being considered ineffective and boring by students.

Gamification has become increasingly popular and is widely used in different sectors of society, such as management, marketing, health or ecology, among others. At its core is the use of typical game design elements in “non-game” contexts, with the aim of increasing participants' satisfaction and, doing this, reinforce their motivation and involvement in activities. The use in pedagogical contexts can, therefore, constitute part of the solution to alter the decline in motivation and engagement of students showed in the traditional education system. This is particularly relevant, as several studies report that motivation and involvement are essential to achieve higher levels of academic performance.

The intervention, which served as the basis for this Supervised Teaching Practice Report, sought to evaluate the potential of gamification in the learning domain “Changes in genetic material – mutations” among students in a 12th year Biology class, took place in a public school in the Lisbon area during 12 classes and over 7 weeks.

Typical game elements were introduced throughout these classes, and data was collected using different instruments, such as logbook, questionnaire and document collection. A qualitative approach was adopted for the investigation, using this small group of students, with the data being interpreted based on its collection.

Analysis of the research results shows that approaching the content in a gamified format contributed to increase the motivation, involvement and autonomy of 12th year students in their learning and may therefore have contributed to strengthening their academic performances. These results are in line with most of the published literature on the subject.

At the end, some reflections on the intervention within the scope of supervised teaching practice are launched, accompanied by suggestions for improving the work carried out.

Keywords: Gamification; Motivation; Skills development; Mutations and Biology



Índice

Introdução	1
Capítulo I. Enquadramento da Intervenção	3
1. Enquadramento teórico	3
1.1. A gamificação na educação.....	4
Capítulo II: Unidade de Ensino.....	9
1. Enquadramento científico	9
2. Enquadramento curricular.....	32
3. Intervenção didática	33
3.1. Gamificação	35
3.2. Missão	35
3.3. Desafios gamificados	37
4. Descrição das aulas	39
Capítulo III: Métodos e Procedimentos.....	78
1. Proposta de Investigação.....	78
2. Instrumentos de recolha de dados	78
3. Caracterização do enquadramento escolar e da turma.....	81
3.1. Enquadramento Escolar.....	81
3.2. A turma.....	82
4. Questões éticas.....	84
Capítulo IV: Resultados e Análise	85
1. Questionário.....	85
1.1. Caracterização dos alunos	86
1.2. Resultados	87
2. Grelha “Pontuações de DNA”	107
3. Avaliação Individual.....	110



Capítulo IV: Reflexão final.....	111
1. Enquadramento	111
2. Discussão	112
3. Conclusão.....	117
Referências Bibliográficas	120
Apêndices.....	131
Apêndice A	131
Apêndice B – Guia Completo para a Gamificação -Está nas tuas mãos proteger os genes dos trabalhadores europeus	137
Apêndice C	140
Apêndice C1	140
Apêndice C1.1 – Questões Kahoot aula 1	140
Apêndice C1.2 - Slide Kit aula 1.....	144
Apêndice C1.3 – Simulador mutações no DNA	148
Apêndice C2	148
Apêndice C2.1 – Slide Kit aula 2.....	148
Apêndice C2.2 – Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos.....	151
Apêndice C2.3 – Artigo Científico aula 2.....	152
Apêndice C2.4 – Artigo Científico – Questões orientadoras	153
Apêndice C3 – Slide Kit aula 3	156
Apêndice C4 – Slide Kit aula 4	160
Apêndice C5 – Conteúdos aula 6.....	162
Apêndice C6 – Slide Kit aula 12	173
Apêndice D –Apresentação das Missões	176
Apêndice E – Poster Individual: Descritores de Desempenho	178
Apêndice F - Questionário final.....	179

Índice de Figuras

Figura 1 - Enquadramento da gamificação.....	3
Figura 2 - Elementos da gamificação	5
Figura 3 – Os nucleótidos são os monómeros dos ácidos nucleicos	9
Figura 4 – As pentoses, o grupo fosfato e as bases nitrogenadas do DNA e RNA.....	10
Figura 5 – Modelo da dupla hélice de Watson e Crick	11
Figura 6 – Modelo da replicação do DNA	13
Figura 7 – O Dogma Central da Biologia Molecular	14
Figura 8 – Bolha de replicação e ação da RNA polimerase	15
Figura 9 – Codão do mRNA e anticodão do tRNA.....	16
Figura 10 – Tradução.....	17
Figura 11 – Substituições de bases: Transição e Transversão.....	18
Figura 12 – Representação esquemática da mutação génica responsável pelo aparecimento da anemia falciforme.....	19
Figura 13 – Três tipos base de mutações.....	19
Figura 14 – Substituição de bases: classificação de acordo com os efeitos fenotípicos	20
Figura 15 – Demonstração do efeito de diversos tipos de mutação, por analogia com as alterações na frase “Mel com pão boa côr dão”	20
Figura 16 – Exemplos de agentes mutagénicos e respetivos efeitos na molécula de DNA	22
Figura 17 – Formação de dímeros de timina por ação de radiação UV	22
Figura 18 – Erro de emparelhamento resultante da ação do ácido nítrico	23
Figura 19 – Papel dos oncogenes e genes supressores de tumores no surgimento do cancro.....	25
Figura 20 – Vírus causadores de cancros	26
Figura 21 – Cariótipo diploide normal	26
Figura 22 – Rearranjo cromossómico: duplicação	27
Figura 23 – Rearranjo cromossómico: deleção	28
Figura 24 – Rearranjo cromossómico: inversão.....	28
Figura 25 – Rearranjo cromossómico: translocação	29
Figura 26 – Cariótipo síndrome de Down normal.....	29
Figura 27 – Relação da incidência da síndrome de Down com a idade maternal	30



Figura 28 – Poliploidia na mosca da fruta.....	31
Figura 29 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 1	45
Figura 30 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 2	48
Figura 31 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 2- Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos	48
Figura 32 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 2- Artigo científico	49
Figura 33 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 2- Simulador de mutações no DNA	49
Figura 34 – Comunicação na classroom da turma. Resultados da Gamificação/1.....	50
Figura 35 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 3.....	54
Figura 36 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 4.....	56
Figura 37 – Comunicação na classroom da turma. Resultados da Gamificação/2.....	56
Figura 38 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 5 – Mutações Estruturais.....	61
Figura 39 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 5 – Poliploidias	61
Figura 40 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 5 - Aneuploidias	61
Figura 41 - Comunicação na classroom da turma. Resultados da Gamificação/3	61
Figura 42 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 6- O cancro	65
Figura 43 – Comunicação na classroom da turma. Conteúdos da aula 7- HPV.....	65
Figura 44 – Comunicação na classroom da turma. Preparação das aulas seguintes	67
Figura 45 – Comunicação na classroom da turma. Resultados de gamificação/4	70
Figura 46 – Comunicação na classroom da turma. Gamificação: as recompensas.....	76
Figura 47 – Comunicação na classroom da turma. Gamificação/Resultados finais	76



Índice de Quadros

Quadro 1 - Enquadramento Curricular	32
Quadro 2 - Descrição das Atividades e Recursos	34
Quadro 3 – Pontos de DNA e progressão na missão dos Grupos	36
Quadro 4 - Escala de Likert de seis pontos	80
Quadro 5 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 1	88
Quadro 6 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 2	90
Quadro 7 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 3	93
Quadro 8 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 4	94
Quadro 9 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 5	96
Quadro 10 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 6	97
Quadro 11 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 7	99
Quadro 12 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 8	101
Quadro 13 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 9	102
Quadro 14 – Aspectos da gamificação mais valorizados pelos alunos.....	104
Quadro 15 – Áreas de melhoria mais referidas pelos alunos	105
Quadro 16 – Mecanismos da gamificação que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas	106
Quadro 17 – Exemplos dos Princípios de Design e dos Mecanismos da gamificação aplicados	107
Quadro 18 – Resultados semanais da gamificação	108
Quadro 19 – Resultados da avaliação individual	110



Índice de Gráficos

Gráfico 1- Número e idades dos alunos da turma.....	86
Gráfico 2 – Respostas dos alunos sobre tópico 1: As aulas em formato de jogo foram motivantes para a minha aprendizagem?.....	87
Gráfico 3 – Respostas dos alunos sobre tópico 2: Os desafios propostos no âmbito da gamificação foram diversificados e desafiantes?	89
Gráfico 4 – Respostas dos alunos sobre tópico 3: O formato de trabalho em grupo contribui para um envolvimento maior da minha parte?.....	92
Gráfico 5 – Respostas dos alunos sobre tópico 4: A utilização de elementos associados aos jogos contribui para aumentar a minha participação?.....	94
Gráfico 6 – Respostas dos alunos sobre tópico 5: Os conteúdos disponibilizados foram adequados e ajudaram-me a concretizar os objetivos propostos?	95
Gráfico 7 – Respostas dos alunos sobre tópico 6: A gamificação facilitou a minha aprendizagem sobre alterações do material genético - mutações?	97
Gráfico 8 – Respostas dos alunos sobre tópico 7: A gamificação reforçou a minha interação com os colegas?	98
Gráfico 9 – Respostas dos alunos sobre tópico 8: A gamificação reforçou a minha autonomia?	100
Gráfico 10 – Respostas dos alunos sobre tópico 9: A gamificação teve um impacto positivo na turma em termos de aprendizagem?	102

Índice de Anexos

Anexo 1 – Questionário: Respostas qualitativas.....	182
--	-----

Introdução

Apesar das iniciativas que os professores continuamente implementam em termos pedagógicos, existe um entendimento generalizado que a escola enfrenta grandes desafios no que respeita ao envolvimento e motivação dos estudantes (Lee & Hammer, 2011), com os métodos educativos tradicionais a serem frequentemente considerados pelos alunos como ineficazes e aborrecidos (Baeten *et al.*, 2013; Dicheva *et al.*, 2015). Estes aspetos são especialmente relevantes visto que vários estudos apontam a motivação e o envolvimento dos discentes como fatores determinantes para aprendizagens de sucesso e melhores resultados académicos (Brophy, 2013; Chans & Castro, 2021).

Nesse contexto, têm sido feitos esforços em procurar e implementar práticas educativas inovadoras, que envolvam de forma mais ativa os alunos nas suas aprendizagens (Kapp, 2012; Sjoberg & Schreiner, 2012).

A gamificação de conteúdos educativos surge precisamente como uma forma de responder a estes desafios, trazendo para a sala de aula ambientes típicos dos jogos que contribuam para reforçar a participação e satisfação dos alunos nessas aprendizagens.

Na definição de Deterding *et al.* (2011), gamificação corresponde à utilização de elementos típicos do *design* de jogos em contextos de “não-jogo”, com o objetivo de influenciar o comportamento das pessoas. De acordo com este autor, o termo gamificação é relativamente recente, tendo sido documentado pela primeira vez em 2008, e a sua utilização mais generalizada ocorrido a partir de meados da década seguinte.

Embora existam inúmeras publicações sobre a utilização da gamificação no ensino, Dicheva *et al.* (2015) apontam que a maior parte se limita a descrever alguns dos mecanismos dos jogos, ou das suas dinâmicas, apenas reiterando a possibilidade da sua utilização em contextos educacionais. Concluem estes autores que uma verdadeira pesquisa empírica sobre a eficácia da incorporação de elementos de jogos em ambientes educativos é ainda escassa, e que a maior parte dos estudos não inclui uma avaliação adequada.

Com base neste enquadramento, a intervenção que serviu de base ao presente relatório da prática de ensino supervisionada procurou avaliar as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações”, em alunos de uma turma do 12.º ano de Biologia.

A partir deste objetivo global, foram definidas 3 questões de investigação:

- De que forma a gamificação motivou os alunos para a aprendizagem do domínio “Alterações do material genético – mutações”?
- De que forma a gamificação contribuiu para aumentar o envolvimento dos alunos nas atividades propostas?
- Quais as principais dificuldades que os alunos sentiram com a gamificação destes conteúdos?

Os resultados foram recolhidos recorrendo a um questionário aplicado no final da intervenção, o qual inclui adicionalmente outras questões que permitiram enquadrar a resposta às questões de investigação:

1. O que é que os alunos gostaram mais e menos na gamificação realizada?
2. Como se poderia melhorar o módulo gamificado?
3. Que tipos de mecanismos de *feedback* dentro da gamificação mais contribuíram para as aprendizagens realizadas?

Foram também registadas as observações realizadas ao longo das aulas pelo docente estagiário, a avaliação do trabalho individual produzido pelos alunos e a “pontuação de DNA” registada semanalmente na grelha de resultados que serviu de base à gamificação.

Os elementos de gamificação criados tiveram como objetivo ser simultaneamente relevantes e inclusivos, de forma a garantir que cada aluno encontrasse uma área em que se pudesse destacar e na qual tivesse interesse, e que estivessem enquadrados no programa curricular da disciplina e ano letivo.

Para além deste objetivo de investigação, procurou-se igualmente estimular as diferentes capacidades de cada aluno e promover uma visão holística da Biologia, desafiando-os a prosseguirem as suas formações superiores nesta área.

Capítulo I. Enquadramento da Intervenção

1. Enquadramento teórico

Apesar das várias definições para gamificação, nomeadamente a mais comum e aqui referida de Deterding *et al.* (2011), não existe ainda uma definição científica aceite de forma universal para esta metodologia (Deterding *et al.*, 2011; Seaborn & Fels, 2015).

É por isso relevante o enquadramento que estes autores fazem da gamificação, e que permite melhor compreender o conceito. Deterding *et al.* (2011) definem duas dimensões para esse enquadramento: por um lado, um eixo “brincar/jogar”; por outro, um eixo “tudo/partes”.

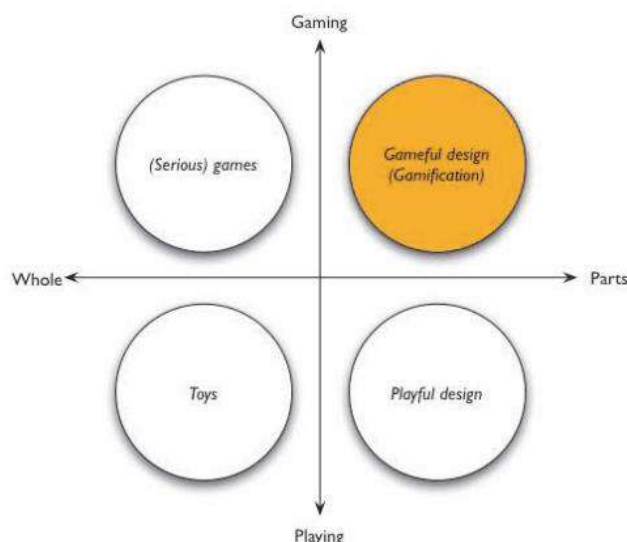


Figura 1- Enquadramento da gamificação © Deterding, 2011, pg. 12

A gamificação refere-se assim ao uso de elementos (e não de jogos completos) de *design* (em vez de uma utilização completa de tecnologia de jogos) para jogos (em vez de brincadeiras) em contextos de não-jogo, independentemente dos objetivos específicos que possam estar subjacentes à sua utilização, aos contextos e ao formato da implementação (Deterding *et al.*, 2011).

A definição contrasta assim a gamificação *vs.* outros conceitos relacionados, através das duas dimensões de “brincar/jogar” e “partes/tudo”: os jogos e os jogos sérios podem ser diferenciados da gamificação através da dimensão “tudo/partes”, e o *Playful design* e os brinquedos podem ser diferenciados através da dimensão “jogar/brincar” (Deterding *et al.*, 2011) (Figura 1).

Ainda a propósito da definição, Kapp (2012) dá uma contribuição interessante, ao definir o que a gamificação *não é*. Refere o autor que a gamificação não é apenas a atribuição de medalhas, pontos e recompensas (esses são apenas um dos elementos dos jogos), e não é também uma atividade que pretenda vulgarizar os processos de aprendizagem.

As diferentes definições não têm, todavia, sido um entrave à crescente utilização desta metodologia em vários setores da sociedade, como o *marketing*, a gestão, a saúde ou a ecologia, entre outros (Dicheva *et al.*, 2015; Rabah *et al.*, 2018). Numa pesquisa realizada por Abdul Rahman *et al.* (2018) no *Google Trends*, as buscas sobre gamificação surgem em número significativo e de forma consistente ao longo dos anos, demonstrando que este é um dos tópicos sobre o qual o interesse dos investigadores e educadores se mantém.

O elemento comum a esta utilização é a expectativa de que contribua, ou desencadeie, comportamentos orientados para alcançar objetivos e para motivar e envolver os participantes em atividades. É por isso natural que tenha também sido investigada na educação, campo onde tem vindo a ganhar especial destaque e onde têm surgido o maior número de trabalhos (Koivisto & Hamari, 2019). A utilização da gamificação em educação recorre, assim, à estética e a elementos dos jogos para reforçar a motivação e promover a aprendizagem (Kapp, 2012; Zimmeerling *et al.*, 2019).

1.1. A gamificação na educação

Orham Göksün e Gürsoy (2019) referem que a utilização de jogos no contexto educativo não é algo novo, mas que o conceito e a implementação da gamificação no domínio educativo foi introduzido muito recentemente. Analisando especificamente a educação em ciências, vários autores (Loganathan *et al.*, 2019; Papadakis *et al.*, 2018; Vidakis *et al.*, 2019) assinalam que a utilização da gamificação nesta área cresceu significativamente, com o objetivo de melhorar o envolvimento, a satisfação e a motivação dos alunos na realização de atividades relevantes para a educação em ciências.

O objetivo de integrar a gamificação na educação consiste em desencadear uma experiência de aprendizagem mais atraente e eficaz para os alunos (Figueroa, 2015), motivando-os a desempenhar tarefas que podem parecer, *à priori*, pouco interessantes (Acosta-Medina *et al.*, 2020). A questão da motivação é especialmente relevante porque, como referem Chans e Castro (2021), o aumento da motivação orienta os alunos para as

aprendizagens podendo, dessa forma, contribuir para melhorar os resultados académicos. O aspeto da motivação é particularmente significativo já que vários estudos referem que a motivação e envolvimento são essenciais para alcançar níveis de desempenho académico mais elevados.

De acordo com o modelo proposto por Dicheva *et al.* (2015), os elementos da gamificação são agrupados em dois níveis de abstração: *game design principles* e *game mechanics* (Figura 2). Os primeiros incluem elementos como o *visible status*, o envolvimento social (incluindo a competição, a cooperação e a colaboração), a liberdade de escolha e de falhar, o *feedback* rápido, os objetivos e desafios, a customização e o acesso (aqui entendido como desbloquear conteúdos). Os *game mechanics* incluem *Badges*, pontuações, níveis, recompensas, quadros de resultados, barras de progressão, moedas, *avatars* e mecanismos de contagem decrescente.

De acordo com estes autores, cada um dos princípios do *game design principles* pode ser operacionalizado por mais do que um *game mechanics*, sendo proposta a definição de gamificação em educação como “a utilização de elementos do *design* de jogos no contexto de educação formal, com o objetivo de contribuir para a aquisição de aprendizagens específicas de uma disciplina” (Rabah *et al.*, 2018, pg 2).

Design principles	Mechanics
Visible status	Badges
Social engagement	Points
– competition	Levels
– cooperation	Rewards
– collaboration	Leaderboards
Freedom of choice	Progress bars
Freedom to fail	Currency
Rapid feedback	Avatars
Goals & challenges	Countdown clock
Customization	
Access, unlock content	

Figura 2 - Elementos da gamificação © Rahab *et al.*, 2018, pg. 2

Para isso, são integrados os referidos elementos dos jogos e mecanismos de recompensas como parte das próprias aulas, enquanto se promove uma competição saudável e se motiva os alunos a avançarem nas atividades (Alsawaier, 2018). Buckley e Doyle (2014) realçam, todavia, que enquanto conceito pedagógico, a gamificação não envolve necessariamente a utilização “real” de jogos. Pelo contrário, é apenas necessário a integração destes *design principles*, ou de padrões de atividades presentes nos jogos,

em contextos educativos. Sobre este tópico, Kalogiannakis *et al.* (2021) identificam os elementos dos jogos mais frequentemente utilizados, destacando entre estes a competição, os quadros de resultados, os níveis, a pontuação e a progressão nas tarefas.

Uma atividade de aprendizagem gamificada permite aos estudantes adquirirem conhecimento e aprimorarem capacidades, através de jogos construídos especificamente com o propósito de aprendizagem (Hoe, 2015, citado por Abdul Rahman *et al.*, 2018).

Abdul Rahman *et al.* (2018) realçam precisamente as vantagens e a relevância da gamificação, ao proporcionar várias formas de estímulo aos alunos, conseguindo dessa forma envolvê-los e motivá-los para que se mantenham ativos enquanto estudam. Para Kingsley e Grabner-Hagen (2015), com esta metodologia os estudantes aprendem um conceito e treinam competências como se estivessem a participar num jogo, e Vassileva (2018) acrescenta que esta abordagem torna a experiência educativa desafiante e divertida.

No mesmo sentido, Manzano-León *et al.* (2021) referem que a aplicação da gamificação na educação promove a participação dos estudantes nas aulas, especialmente se os elementos gamificados incluírem a definição de objetivos e recompensas. E Fernández-Rio *et al.* (2020) realçam igualmente que esta metodologia consegue ser muito eficaz, mesmo nos estudantes com baixa motivação.

Numa análise mais global, Acosta-Medina *et al.* (2020) analisaram o conteúdo de 99 trabalhos sobre gamificação, concluindo que 90% das experiências relatam resultados positivos em termos de aprendizagem. Destacaram estes autores que um maior envolvimento, motivação e desempenho foram os principais benefícios de se introduzirem elementos gamificados na sala de aula.

O principal motivo pelo qual estas melhorias se observam parece estar relacionado com o facto de os estudantes sentirem que passam a ser protagonistas ativos do seu processo de aprendizagem, obtendo igualmente um *feedback* mais frequente sobre os seus desempenhos. Ou, dito de outra forma, a gamificação de conteúdos está mais adequada aos cenários de aprendizagem atuais, já não centrados no professor, mas dando antes um maior ênfase ao envolvimento ativo dos estudantes (Limantara *et al.*, 2019; Sailer & Homner, 2020; Tsay *et al.*, 2018). Como referem Freeman *et al.* (2014), a aprendizagem centrada nos alunos e a aprendizagem ativa emergiram no século passado como uma importante técnica pedagógica, sendo caracterizadas pelo envolvimento dos alunos na

construção do seu conhecimento; pelo envolvimento dos estudantes no tratamento profundo das matérias; pela construção da aprendizagem através da interação com o professor e colegas; e pela conceção da aprendizagem como uma evolução de conhecimentos e competências (Freeman *et al.*, 2014; Marques *et al.*, 2021), precisamente o que se procurou explorar no âmbito desta intervenção. A flexibilidade da gamificação permite assim aos docentes adaptar esta metodologia em diferentes abordagens pedagógicas.

Pelas suas características, Figueroa-Flores (2016) refere, inclusive, que esta é uma das estratégias de ensino para os alunos do século XXI, e Alsawair (2018) que as instituições de ensino superior poderiam beneficiar de forma significativa da gamificação dos conteúdos e currículos nos seus cursos universitários, tendo por isso já sido aplicada em todos os níveis de escolaridade, do básico ao superior (Dias, 2017).

Numa procura de sistematizar as características e benefícios da gamificação no contexto da educação, Massário *et al.* (2019, pg. 6) identificam:

- *A gamificação promove a aprendizagem ao motivar os indivíduos à ação e contribuir de forma cooperada para a solução de problemas (Kapp, 2012);*
- *Os elementos e estratégias de jogos podem ser perfeitamente aproveitados para o ensino-aprendizagem dos mais variados conteúdos (Tenório et al., 2016);*
- *Como estratégia de ensino, “é própria para ser dirigida a um público-alvo inserido na chamada geração gamer, que cresceu com os jogos digitais, sendo que existem resultados positivos obtidos através dessas experiências” (Fardo, 2013, p. 2).*

É, contudo, importante considerar a análise de Landers *et al.* (2017), quando destacam que os elementos retirados dos jogos e aplicados na gamificação para melhorar a aprendizagem devem estar associados aos *outcomes* específicos que se pretendem alcançar, sejam motivacionais ou comportamentais, e que por sua vez estes devem estar associados a objetivos de aprendizagem. Referem estes autores que só assim a gamificação é eficaz.

Com estas premissas, Tsai (2019) realizou uma investigação no contexto das competências científicas definidas no PISA, tendo concluído que a utilização de um modelo de gamificação, que o autor designou modelo GAME, e que incluía elementos como os mecanismos de pontos, recompensas, níveis e *badges*, entre outros, revelou potencial de promover as competências científicas definidas neste programa internacional

de avaliação de estudantes, concluindo que este modelo pode servir para aumentar as competências científicas dos estudantes.

Deve também destacar-se que em muitos destes modelos gamificados se incluem elementos de outras metodologias, como o *Hands on* e *Inquiry Based*, os quais têm demonstrado ser igualmente eficazes e motivadores para o ensino das ciências (Huber & Moore, 2001). É por isso importante não perder de vista que o objetivo da gamificação é permitir a aquisição de competências exigidas para os cidadãos do século XXI, mas que isso apenas é possível se aliado a métodos pedagógicos eficazes (Kingsley & Grabner-Hagen, 2015).

Embora o termo continue a ser utilizado de uma forma inconsistente, revelando que o conceito não está ainda totalmente definido, podemos, todavia, concluir que essa utilização está progressivamente a ficar mais clara (Seaborn & Fels, 2015). Como referem Alsawaier (2018) e Seaborn e Fels (2015), a literatura sobre o impacto da gamificação na motivação e educação é também ainda limitada, existindo um *gap* entre teoria e prática, e existindo pouca literatura em termos de *guidelines* para o *design* de conteúdos gamificados. O seu objetivo de encorajar a motivação, envolvimento e prazer dos utilizadores é, no entanto, claro, assim como os benefícios da sua utilização em vários contextos, nomeadamente o da educação (Kapp, 2012; Zimmerling *et al.*, 2019).

A utilização da gamificação em contextos pedagógicos pode, por isso, como conclui Alsawaier (2018), constituir parte da solução para combater o declínio da motivação e do envolvimento dos alunos observado no sistema de ensino tradicional. Assim, deve-se continuar a investigar a sua aplicação, procurando compreender qual a melhor forma de contribuir para que professores e alunos alcancem os seus objetivos (Acosta-Medina *et al.*, 2020; Zainuddin *et al.*, 2020).

Capítulo II: Unidade de Ensino

Neste capítulo faz-se uma caracterização dos conteúdos científicos “Alterações do material genético – mutações”, enquadrando-os nas Aprendizagens Essenciais Elencadas por Domínio, definidas para alunos do 12.º ano de Biologia. É feita igualmente a descrição da intervenção didática, descrevendo de forma detalhada as atividades planeadas para cada aula, assim como os mecanismos de gamificação utilizados. No final é feita uma descrição das aulas realizadas, acompanhada das reflexões sobre cada uma delas.

1. Enquadramento científico

1.1. Estrutura dos ácidos nucleicos

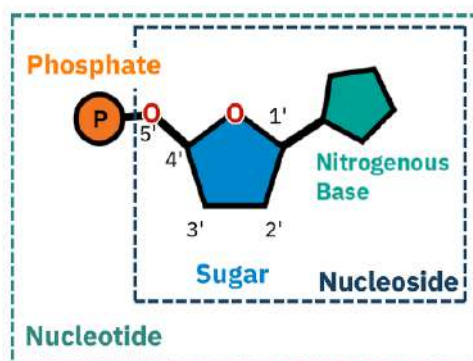


Figura 3 – Os nucleótidos são os monómeros dos ácidos nucleicos. © Biosynth

Os ácidos nucleicos são macromoléculas constituídas por um grande número de unidades que se repetem e estão unidas entre si, designadas **nucleótidos**. Cada nucleótido é constituído por uma **base nitrogenada**, uma molécula de **fosfato** e um **açúcar**. Existem dois tipos de ácidos nucleicos, o ácido desoxirribonucleico (**DNA**) e o ácido ribonucleico (**RNA**). Os açúcares dos ácidos nucleicos DNA e RNA são designados **pentoses**, possuem cinco átomos de carbono, numerados de 1' a 5', e apresentam ligeiras diferenças entre si. Enquanto o RNA apresenta um grupo hidroxilo (OH) ligado ao carbono 2', sendo a pentose designada **ribose**, no DNA encontra-se um átomo de hidrogénio, designando-se **desoxirribose** (Jesus Regateiro, 2003). O DNA e o RNA possuem, cada um, quatro bases nitrogenadas, as quais podem ser divididas em duas categorias, com base na sua estrutura: as **purinas** e as **pirimidinas**, com as primeiras a apresentar um anel duplo e as segundas um anel aromático simples. Quer no DNA, quer no RNA, as bases estão ligadas

à pentose no carbono 1', sendo esta estrutura designada por **nucleósido**. Quando um ou mais grupos fosfato se ligam aos nucleósidos, formam-se os referidos nucleótidos (Figura 3), os quais constituem os **monómeros** dos ácidos nucleicos.

As duas purinas, **adenina** e a **guanina**, encontram-se quer no DNA quer no RNA. Duas das pirimidinas estão também presentes no DNA e RNA, mas apenas uma, a **citiosina**, é comum a ambos. No DNA, a segunda pirimidina é a **timina**, enquanto no RNA esta é substituída pelo **uracilo**. Estas bases são habitualmente designadas pelas suas iniciais: para o DNA, adenina (**A**), guanina (**G**); citiosina (**C**) e timina (**T**) e, para o RNA, adenina (**A**), guanina (**G**); citiosina (**C**) e uracilo (**U**) (Figura 4) (Aerssens *et al.*, 2001; Rowe *et al.*, 2017).

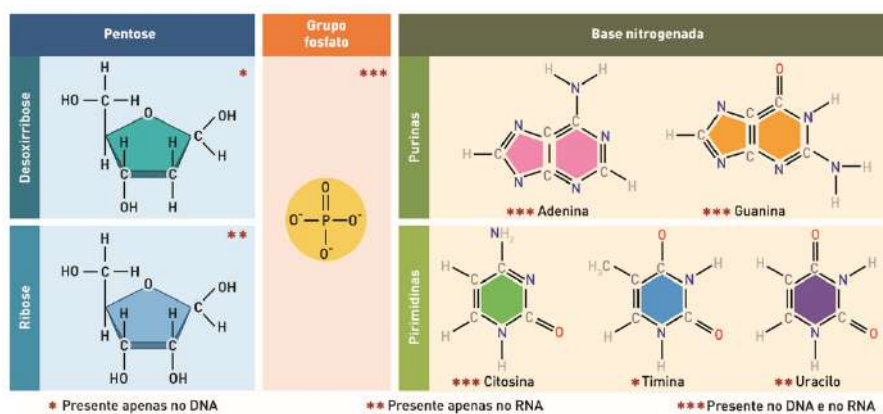


Figura 4 – As pentoses, o grupo fosfato e as bases nitrogenadas do DNA e RNA.
© Matias e Martins, 2023, pg. 16

Erwin Chargaff e a sua equipa demonstraram que, para cada espécie, existe alguma regularidade nos rácios das bases: a quantidade (número de moléculas) de adenina é sempre igual à quantidade de timina ($A=T$) e a quantidade de guanina é sempre igual à quantidade de citiosina ($G=C$), tendo estas descobertas ficado conhecidas como as **Regras de Chargaff**. Estima-se que, ao longo das cadeias de DNA de cada indivíduo da espécie humana, se distribuam as sequências de bases correspondentes a cerca de 19 000 a 20 000 sequências codificantes (genes) da informação genética (Bruford *et al.*, 2020; Ezkurdia *et al.*, 2014). Em termos moleculares, um **gene** é usualmente definido como a inteira sequência de ácidos nucleicos necessária para a síntese de um produto genético funcional (polipéptido ou RNA) o que, nos eucariotas, inclui as regiões codificantes e as não codificantes. (Lodish *et al.*, 2013). A biblioteca completa de informação genética é designada **genoma humano**, sendo constituída por mais de três mil milhões de pares de bases (3 000 Mpb), distribuídos por 22 cromossomas autossómicos (numerados de 1 a

22) e dois cromossomas sexuais (X e Y). Somente cerca de 2% do genoma humano é codificante (Moraes & Góes, 2016).

1.2. Estrutura do DNA

“DNA neither cares nor knows. DNA just is. And we dance to its music”.

Richard Dawkins

A estrutura do DNA foi proposta por James Watson e Francis Crick, num artigo publicado na revista *Nature* em abril de 1953, lançando as bases da genética molecular. O DNA consiste em duas longas cadeias de nucleótidos complementares e antiparalelas, formando uma dupla hélice, com as bases nitrogenadas dispostas para o interior da hélice. Cada uma dessas cadeias apresenta uma extremidade designada de 3' e outra de 5', orientando-se cada uma delas em sentidos opostos.

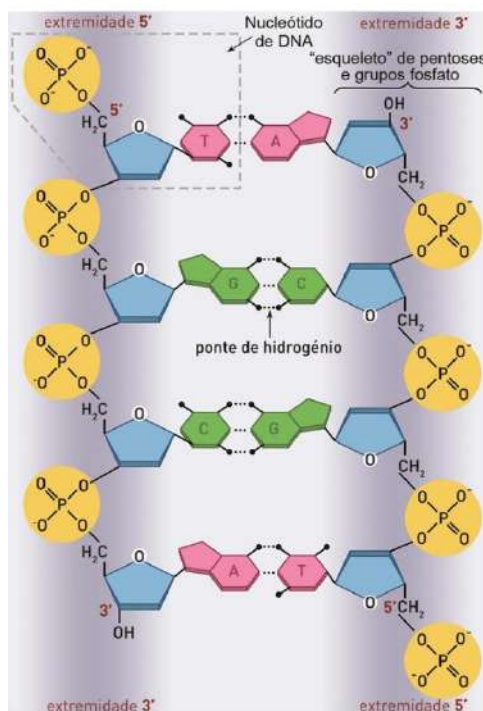


Figura 5 – Modelo da dupla hélice de Watson e Crick. © Matias e Martins, 2023, pg. 19

Os nucleótidos estão unidos entre si por ligações covalentes do tipo fosfodiéster, formando um esqueleto exterior que alterna fosfato e desoxirribose, enquanto na parte interior surgem as bases adenina, guanina, citosina e timina. As bases de cada cadeia são

complementares, com a adenina a emparelhar com a timina por duas ligações de hidrogénio, e a citosina a emparelhar com a guanina por três ligações de hidrogénio (Figura 5) (Cooper & Adams, 2023).

1.3. Estrutura do RNA

A exemplo do DNA, o RNA é um polímero de nucleótidos ligados entre si por ligações fosfodiéster. Existem, contudo, importantes diferenças entre as suas estruturas. Como referido, nos nucleótidos de DNA o açúcar é a desoxirribose, enquanto no RNA é a ribose. A presença do **grupo -OH** no átomo de carbono 2' torna esta molécula mais instável; enquanto a ausência desse grupo no átomo de carbono 2' do DNA lhe garante maior estabilidade. Outra importante diferença é a substituição da base nitrogenada timina no DNA pelo uracilo no RNA. Uma terceira diferença encontra-se na estrutura das duas moléculas. O DNA é constituído por duas cadeias de polinucleótidos, ligadas entre si por pontes de hidrogénio entre as bases complementares. O RNA existe essencialmente como uma **cadeia simples** de polinucleótidos, alguns dos quais assumem uma estrutura tridimensional devido às ligações por pontes de hidrogénio que se estabelecem por complementaridade das suas bases, quando a molécula se dobra sobre si mesma (Cooper & Adams, 2023; Pierce, 2013).

1.4 Replicação do DNA

A descoberta da dupla cadeia e da complementaridade das bases nitrogenadas sugeriu imediatamente aos investigadores uma solução molecular sobre a forma como o material genético poderia realizar a sua própria **replicação**. Entre três hipóteses, foi proposto que as duas cadeias da molécula de DNA se poderiam separar e cada uma delas servir de molde para a síntese de novas cadeias complementares, com a sequência de nucleótidos a ser definida pela complementaridade das bases. Esta hipótese, proposta por Watson e Crick, foi posteriormente confirmada por Matthew Meselson e Franklin Stahl, ficando conhecida como modelo de **replicação semi-conservativo** (Cooper & Adams, 2023).

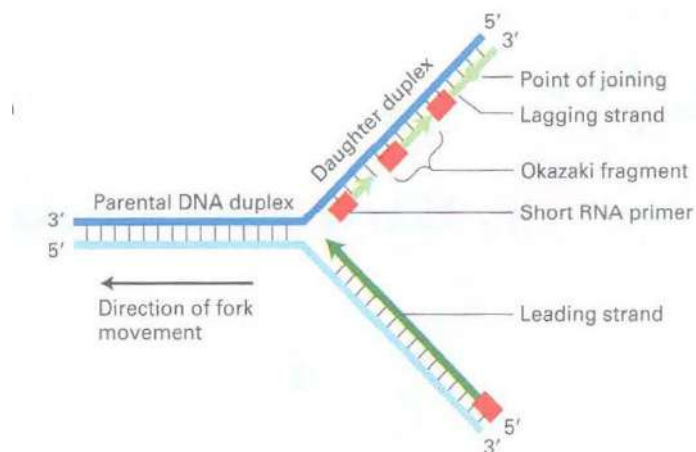


Figura 6 – Modelo da replicação do DNA. © Lodish *et al.*, 2013, pg. 147

Para que o processo de replicação se inicie, é necessário que as duas cadeias da dupla hélice de DNA se separem, o que ocorre sob ação da enzima **helicase**. A separação das duas cadeias de DNA, num determinado ponto da dupla hélice, origina uma estrutura conhecida como garfo de replicação. Dependendo das moléculas de DNA, esta estrutura pode ocorrer num único ponto da molécula ou em múltiplos pontos dessa cadeia, e não necessariamente em simultâneo. Nas **origens de replicação**, por ação da enzima **primase**, são sintetizadas pequenas sequências de RNA, isto é, oligonucleótidos iniciadores comumente conhecidos como **primers**, os quais são complementares às sequências de cada uma das duas cadeias de DNA a serem replicadas. Estes **primers**, com uma extremidade 5' e outra 3', fornecem um grupo 3'-OH para que a síntese das novas cadeias progrida no sentido 5'-3'. Como as duas cadeias são antiparalelas, apenas uma delas é sintetizada de forma contínua, já que as enzimas responsáveis por essa síntese, as **DNA polimerases**, só conseguem adicionar nucleótidos ao topo da cadeia que contenha o grupo 3'-OH, ou seja, na direção 5'-3'. Esta cadeia é designada de **cadeia líder** ou **leading strand**. A outra cadeia, que tem como modelo a cadeia original com orientação 5'-3', é sintetizada em sentido oposto e é designada por **cadeia atrasada** ou **lagging strand**, visto que só consegue começar a ser sintetizada mais tardiamente e de forma descontínua, para sucessivas secções da cadeia molde (Figura 6). Formam-se assim múltiplos fragmentos correspondentes a essas secções, designados **fragmentos de Okasaki**. Estes fragmentos são todos iniciados pelo **primer** de RNA iniciador e são posteriormente unidos uns aos outros para formarem uma cadeia contínua, por ação da enzima DNA **ligase** (Jesus Regateiro, 2003; Lodish *et al.*, 2013; Pierce, 2013; Rowe *et al.*, 2017).

1.5. Dogma central da biologia molecular

O **dogma central da biologia molecular** sumariza como a informação genética contida no DNA flui, isto é, como é expressa. (Diercks *et al.*, 2021). Em 1958, Crick descreve os princípios relacionados com a transferência da informação genética, referidas nas suas notas e escritos posteriores como “dogma central” (Tan & Anderson, 2020, pg. 4):

“This states that once 'information' has passed into protein it cannot get out again. In more detail, the transfer of information from nucleic acid to nucleic acid, or from nucleic acid to protein may be possible, but transfer from protein to protein, or from protein to nucleic acid is impossible. Information means here the precise determination of sequence, either of bases in the nucleic acid or of amino acid residues in the protein” (Crick, 1958, citado por Tan & Anderson, 2020).

Por altura da descoberta da **transcriptase reversa**, em 1970, este conceito foi novamente clarificado e reafirmado por Crick (1970, pg. 561):

“The central dogma of molecular biology deals with the detailed residue-by-residue transfer of sequential information. It states that information cannot be transferred back from protein to either protein or nucleic acid”.

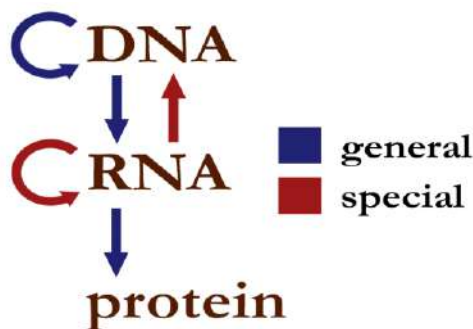


Figura 7 – O Dogma Central da Biologia Molecular © Central dogma of molecular biology, 2022, Wikipedia

Atualmente podem ser identificadas três vias principais para o fluxo de informação na célula. A replicação, a transcrição e a tradução. Na **replicação**, a informação passa de uma molécula de DNA para outras moléculas de DNA; na **transcrição**, a informação passa do DNA para o RNA e, na **tradução**, a informação passa do RNA para as proteínas. Além destas três **vias major** para o fluxo unidirecional da informação genética, outras transferências podem ocorrer em alguns organismos e em certas circunstâncias (Contributors to Wikimedia projects, 2011) (Figura 7).

Os **retrovírus** e alguns elementos móveis como certas transposões transferem informação do RNA para o DNA (processo de transcrição reversa) e alguns vírus de RNA transferem informação de RNA para RNA (na replicação de RNA) (Pierce, 2013).

1.6. Transcrição e Tradução

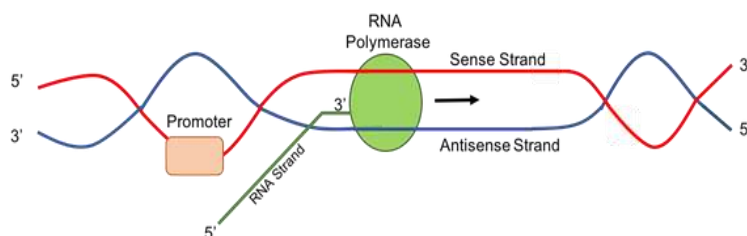


Figura 8 – Bolha de replicação e ação da RNA polimerase © Addgene, 2024

A **transcrição** é um processo que permite sintetizar moléculas de RNA a partir de uma das cadeias de DNA que lhe serve de molde, ocorrendo em três fases: a iniciação, a elongação e a terminação. A **iniciação** tem início com a **RNA polimerase**, que reconhece uma sequência específica do DNA, designada **promotor**, à qual se liga, abrindo a dupla hélice nesse local e expondo a **cadeia *template*** (também designada molde, *antisense* ou não codificante) (Lodish *et al.*, 2013). A região exposta, de 12 a 14 pares de bases, é designada por **bolha de replicação**. Na fase da **elongação**, a RNA polimerase percorre a cadeia de DNA, abrindo-a e adicionando sucessivos ribonucleótidos (rNTP) à extremidade 3', no sentido 3'-5', após o que as cadeias complementares voltam a emparelhar. A bolha de replicação move-se assim com a RNA polimerase, à medida que a cadeia de RNA é aumentada (Addgene, 2024) (Figura 8). Quando a RNA polimerase encontra uma sequência de **terminação** no DNA, a enzima termina a transcrição, libertando o RNA e dissociando a RNA polimerase da molécula de DNA. A sequência de bases do transcrito é complementar e antiparalela à da cadeia *template*, e igual à **cadeia codificante** (também designada por *sense*), com o uracilo a substituir a timina (Pierce, 2013). No DNA dos procariontes, vários genes que codificam proteínas encontram-se próximos uns dos outros em regiões funcionais designadas **operões**. Cada operão é transcrito a partir de um único promotor, gerando um **RNA**, frequentemente um **RNAmensageiro** (mRNA) que, neste último caso, codifica múltiplas proteínas com funções relacionadas entre si (Lodish *et al.*, 2013; Pierce, 2013).

As **proteínas**, polímeros formados a partir de 20 aminoácidos diferentes, são centrais a todos os processos biológicos. Cada aminoácido é codificado por três nucleótidos consecutivos no mRNA, e cada nucleótido pode ter uma de quatro bases possíveis (A, G, C e U) (Pierce, 2013), sendo cada sequência de três bases de mRNA designada por **codão**. Como existem quatro bases disponíveis, podem existir $4^3 = 64$ codões possíveis (Jesus Regateiro, 2003), o que é mais do que o necessário para codificar os 20 aminoácidos existentes (Pierce, 2013). Dos 64 codões, 61 especificam aminoácidos e os três restantes (UAA, UAG e UGA) são **codões nonsense (ou codões stop)** que determinam a paragem da síntese da cadeia polipeptídica, isto é, a paragem da tradução (Jesus Regateiro, 2003). Como vários aminoácidos são especificados por mais do que um codão, diz-se que o código genético é degenerado (Cooper & Hausman, 2016).



Figura 9 – Codão do mRNA e anticodão do tRNA © Adaptado de Pierce, 2013, pg. 410

O produto final dos genes é constituído precisamente pelas proteínas, sintetizadas a partir do mRNA, num processo designado **tradução** (Jesus Regateiro, 2003). A tradução é um processo que ocorre ao nível dos ribossomas, os quais se encontram livres no citoplasma, e que permitem a descodificação da mensagem contida no mRNA de forma a sintetizar um péptido. Para além do mRNA, dois outros tipos de moléculas de RNA são importantes na síntese de proteínas: o **RNA ribossomal (rRNA)**, um componente dos ribossomas, e o **RNA de transferência (tRNA)** (Cooper & Hausman, 2016). Cada molécula de tRNA apresenta uma sequência com a qual é estabelecida uma ligação covalente com um aminoácido específico; uma sequência de três nucleótidos, complementar ao codão do mRNA, designado **anticodão** (Figura 9) (liga-se por complementaridade) e locais para a ligação ao ribossoma.

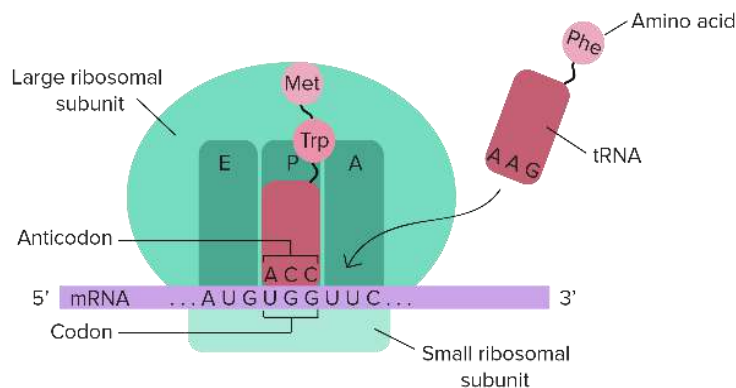


Figura 10 – Tradução © OpenStax College, Biology, Khan Academy, 2024

A tradução pode ser dividida em três fases: iniciação, alongamento e finalização, sendo semelhante nos eucariotas e procariotas (*Steps of translation*, 2021). A **iniciação** começa com a formação de um complexo de iniciação, com a subunidade menor do ribossoma (30S) a ligar-se ao mRNA e a avançar até encontrar o códon de iniciação AUG. Logo que este códon é identificado, um tRNA que transporta metionina (Met) liga-se igualmente ao códon de iniciação. A etapa da iniciação termina com a subunidade maior (50S) a ligar-se também a este (*Steps of translation*, 2021). Na **fase de alongamento**, o ribossoma vai avançando ao longo da molécula de mRNA, no sentido 5'-3'. À medida que este movimento ocorre, o tRNA na posição **P** é libertado e o tRNA na posição **A** é translocado para a posição **P** (Figura 10). A posição **A** fica assim novamente liberta até que outro tRNA que reconheça o novo códon se ligue à posição aberta. Este padrão continua à medida que as moléculas de tRNA se libertam do complexo, e a cadeia de aminoácidos cresce. A **fase de finalização** ocorre quando o ribossoma encontra um códon *nonsense* (ou códon stop) no mRNA (UAA, UAG ou UGA), o qual é reconhecido por fatores de libertação. Quando isso acontece, a proteína que se formou é libertada da molécula de tRNA e o ribossoma dissocia-se novamente nas duas subunidades (Bailey, 2018).

1.7. Mutações

O DNA é uma molécula altamente estável, sendo replicada com um enorme rigor. Todavia, podem ocorrer mudanças na sua estrutura ou erros durante a sua replicação (Pierce, 2013; Wang *et al.*, 2011). Na definição proposta por Jesus Regaleiro (2003), as **mutações** são definidas como alterações permanentes provocadas na sequência do DNA,

com a taxa de mutação espontânea por nucleótido por geração na espécie humana (μ) a variar consoante os autores e métodos de estimativa, por exemplo $\mu = 1.8 \times 10^{-8}$ (Kondrashov, 2002), $\mu = 1.3 \times 10^{-8}$ (Lynch, 2010, citado por Keightley, 2012) e $\mu = 1.1 \times 10^{-8}$ (Keightley, 2012).

Existem várias formas de classificar as mutações génicas, nomeadamente em função do efeito fenotípico, dos agentes causadores, ou da sua natureza molecular. Considerando este último critério, as mutações podem ser classificadas como mutações pontuais, por substituição de um par de bases por outro (Lodish *et al.*, 2013), ou de inserção ou deleção de um ou mais pares de bases de nucleótidos (Jesus Regaleiro, 2003).

O tipo mais simples de mutações génicas são as **substituições de bases**, e consistem na substituição de um nucleótido no DNA. Quando uma purina é substituída por outra purina, ou quando uma pirimidina é substituída por outra pirimidina, toma a designação de **transição**. Se a substituição for de uma purina por uma pirimidina; ou de uma pirimidina por uma purina, designa-se **transversão**. Como se pode observar (Figura 11), o número de possíveis transversões é o dobro das transições (Pierce, 2013).

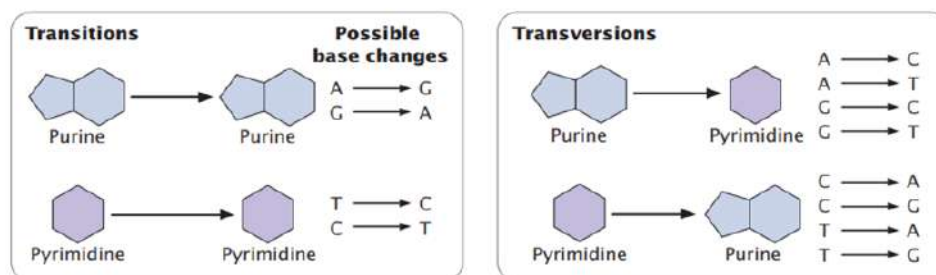


Figura 11 – Substituições de bases: Transição e Transversão © traduzido de Pierce, 2013, pg. 483

A primeira doença a ser compreendida a nível molecular foi uma hemoglobinopatia, a **anemia falciforme**. A anemia falciforme é uma alteração genética autossómica recessiva que afeta a molécula de hemoglobina das hemácias, resultando na formação de células em forma de foice (Aulestia-Viera, 2020). Nesta doença ocorre uma **mutação missense** ou com perda de sentido.

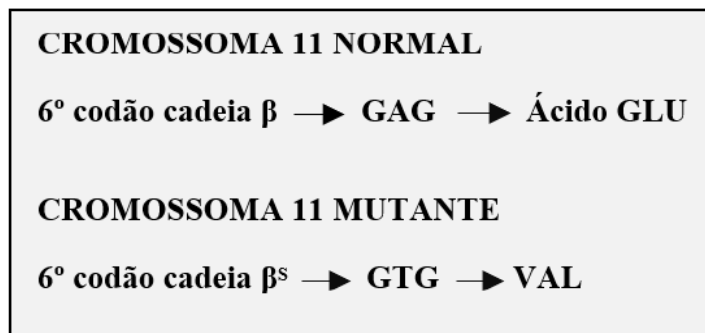


Figura 12 – Representação esquemática da mutação génica responsável pelo aparecimento da anemia falciforme.
© adaptado de Galiza Neto e Pitombeira, 2003, pg. 54

Especificamente, ocorre a substituição pontual de uma base nitrogenada, a timina pela adenina, no sexto codão do exão 1 no cromossoma 11. A troca de bases nitrogenadas no DNA, ao invés de codificar a transcrição do aminoácido ácido glutâmico, irá determinar a produção do aminoácido valina (Bunn, 1997), que entrará na posição 6 da sequência de aminoácidos que compõem a cadeia β da hemoglobina, modificando a sua estrutura molecular (Galiza Neto & Pitombeira, 2003) e dando origem a uma hemoglobina patológica (Figura 12).

O outro tipo de mutações génicas pontuais inclui as **inserções e deleções** (Figura 13b e 13c). Nestas mutações é adicionado ou removido, respetivamente, um ou mais pares de nucleótidos, sendo designadas coletivamente por *indels*. Quando as inserções ou deleções ocorrem em sequências que codificam proteínas podem dar origem a **mutações frameshift**, ou seja, alterações na grelha de leitura de um gene. Estas alterações, ao alterarem habitualmente todos os aminoácidos codificados pelos nucleótidos que se seguem à mutação, originam geralmente efeitos drásticos nos fenótipos dos organismos (Pierce, 2013).

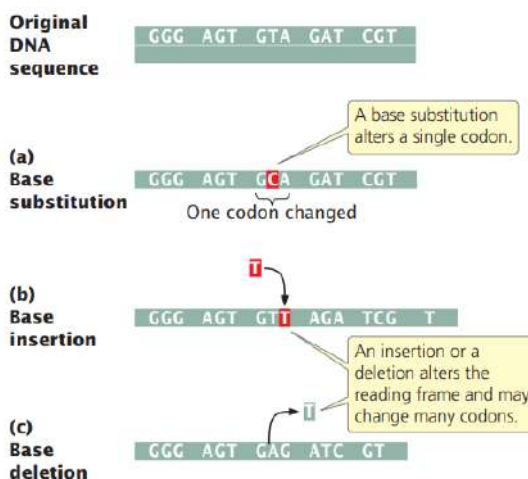


Figura 13 – Três tipos base de mutações © Pierce, 2013, pg. 483

1.7.1. Efeitos fenotípicos das mutações

Outra forma de classificar as mutações pode ser feita com base nos efeitos fenotípicos que produzem. Uma mutação que altera o fenótipo selvagem (*wild type*) é designada **mutação forward**; se, pelo contrário, a mutação reverter um fenótipo mutante a fenótipo selvagem, é designada **mutação reverse**. Quando uma mutação suprime o efeito de um fenótipo mutante através de uma mutação num local diferente, é designada **mutação supressora**.

Em termos fenotípicos, a substituição de uma base que origina um aminoácido diferente numa proteína é designada **mutação perda de sentido** (ou mutação *missense*). Se a substituição alterar um codão codificante de um aminoácido para um codão de terminação, é designada **mutação sem sentido** (ou mutação *nonsense*). No caso da substituição alterar um codão para outro que lhe seja sinónimo, é designada **mutação silenciosa** (Pierce, 2013) (Figura 14).

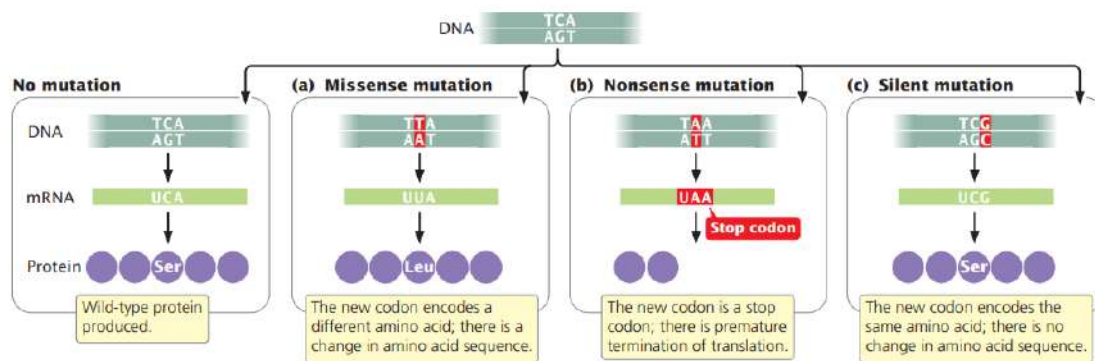


Figura 14 – Substituição de bases: classificação de acordo com os efeitos fenotípicos. © Traduzido de Pierce, 2013, pg. 486

A este propósito, Jesus Regaleiro (2003) faz a analogia do efeito de diversos tipos de mutação com as alterações na frase “Mel com pão boa côr dão” (Figura 15).

TIPO DE MUTAÇÃO	NÚMERO DE BASES	RESULTADO
“Missense”	1 (pontual)	MEL COM PÃO BOA D ÔR DÃO
“Nonsense”	1 (“stop”)	MEL COM
“Frameshift”	1 (Deleção)	MEL COM (P) ãOB OAC ÔRD ãO
	1 (Inserção)	MEL COM Pã M OBO ACÔ RDã O
Deleção	3 bases	MEL COM () BOA CÔR DÃO
Mutação dinâmica (expansão)	Repetição de tripletos (codões)	MEL COM PÃO BOA BOA BOA BOA BOA BOA BOA BOA CÔR DÃO

Nota: Cada conjunto de três letras corresponde a um codão.

Figura 15 – Demonstração do efeito de diversos tipos de mutação, por analogia com as alterações na frase “Mel com pão boa côr dão”. © Jesus Regaleiro, 2003, pg. 51

1.8. Causas das mutações

As mutações podem ocorrer devido a fatores internos e fatores externos. As **mutações espontâneas** são mutações que ocorrem sob condições normais, na ausência de um agente mutagénico conhecido (Wang *et al.*, 2011). As **mutações induzidas** resultam de alterações causadas por agentes mutagénicos, como radiações ou substâncias químicas (Pierce, 2013).

Atualmente existem duas abordagens para a ocorrência de emparelhamentos errados que podem originar mutações pontuais espontâneas no DNA. Uma é a “hipótese tautomérica”, de Watson e Crick (Pierce, 2013). Neste caso, as mutações resultam do facto de as purinas e pirimidinas poderem existir em diferentes formas químicas, menos frequentes, designadas **tautómeros**. Em situações normais, o emparelhamento ocorre entre a adenina e a timina, e entre a citosina e a guanina. Todavia, quando estas bases nitrogenadas estão presentes nas suas formas tautomerizadas, o emparelhamento ocorre entre a citosina (forma rara) e a adenina (forma comum); e entre a guanina (forma rara) e a timina (forma comum). A segunda abordagem, proposta por outros investigadores, defende que as mutações pontuais espontâneas envolvem apenas emparelhamentos incorretos das bases nitrogenadas nas suas formas comuns, durante a replicação, a partir de mecanismos ainda não totalmente esclarecidos (Brovarets & Hovorun, 2018).

Para além de mutações espontâneas que podem ocorrer durante a replicação, podem igualmente ocorrer mutações por alterações químicas espontâneas no DNA, nomeadamente a **depurinação**, que corresponde à perda da purina de um nucleótido. Nestes casos, a ligação entre a purina e o carbono 1' da desoxirribose quebra-se, formando-se locais apurínicos ou abásicos, os quais deixam de poder funcionar como molde para as bases complementares na replicação. Quando isso ocorre, um qualquer nucleótido pode ser emparelhado na nova cadeia de DNA que está a ser sintetizada, levando à incorporação de um erro (Pierce, 2013).

Embora muitas mutações surjam espontaneamente, um conjunto de agentes ambientais é também capaz de danificar o DNA, incluindo **agentes químicos e físicos**.

EXEMPLOS DE AGENTES MUTAGÉNICOS	EFEITOS NA MOLÉCULA DE DNA	
Químicos	5-bromouracil (5BU) 2-aminopurina	Atuam como análogos de bases nitrogenadas, podendo substituí-las e serem incorporados no DNA durante a sua replicação.
	Ácido nítrico (HNO ₂)	Altera a sequência do DNA, através de um processo de desaminação (o grupo =NH ₂ é substituído por =O), o que pode mudar a citosina para uracilo e a adenina para hipoxantina (figura 2).
	Gás mostarda	Agente alquilante, forma ligações de um grupo alquilo com bases de DNA, bloqueando o processo de replicação.
Físicos	Raios X	Provoca danos em bases, quebras de cromossomas, quebras de ligações numa das cadeias de DNA.
	Radiação UV	Promove a formação de dímeros de bases de timina (figura 3).

Figura 16 – Exemplos de agentes mutagénicos e respetivos efeitos na molécula de DNA © Matias e Martins, 2023, pg. 115

Um **agente mutagénico** é qualquer agente que aumenta significativamente a taxa de mutações acima da observada espontaneamente. Exemplos de agentes mutagénicos físicos são os Raios X ou a radiação UV; e químicos, o gás mostarda ou o ácido nítrico (Figura 16).

As radiações exercem os efeitos mutagénicos diretamente ou criando **radicais livres**, os quais possuem efeitos mutagénicos. Em ambos os casos, formam ligações covalentes entre bases nitrogenadas do DNA, como por exemplo entre duas timinas adjacentes, originando **dímeros de timina**. As radiações UV constituem a principal causa de melanomas em humanos (Western Oregon University, 2024) (Figura 17).

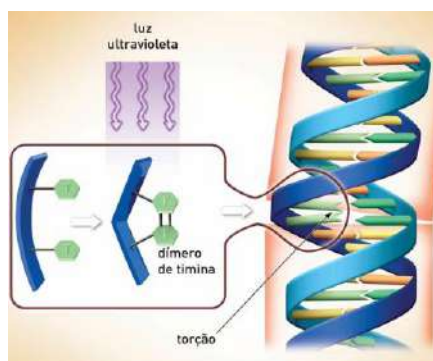


Figura 17 – Formação de dímeros de timina por ação de radiação UV © Matias e Martins, 2023, pg. 115

As mutações resultantes de exposição a agentes mutagénicos químicos incluem as substâncias que alteram a estrutura e as propriedades de emparelhamento das bases, **as bases análogas**, os **agentes crosslinking** e os **agentes intercalantes**.

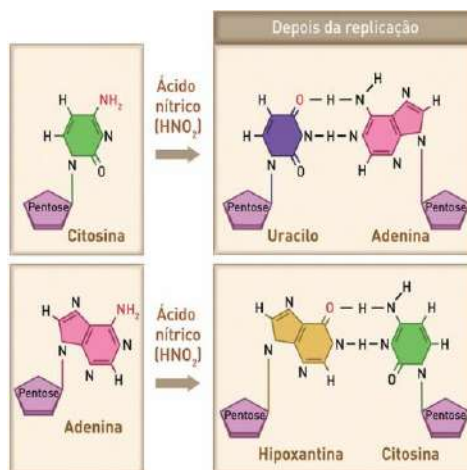


Figura 18 – Erro de emparelhamento resultante da ação do ácido nítrico © Matias e Martins, 2023, pg. 115

A **modificação de bases** tem origem em substâncias que alteram a estrutura das bases, causando emparelhamentos incorretos ou impedindo o emparelhamento. Um exemplo destes poderosos agentes mutagénicos é o ácido nítrico (Figura 18), que se forma pela digestão dos nitritos (preservantes) presentes em alguns alimentos (Tariq, 2021).

As **bases análogas** correspondem a substâncias que apresentam estruturas semelhantes a qualquer uma das quatro bases nitrogenadas do DNA. Quando estas bases estão presentes na replicação, a DNA polimerase não as consegue distinguir das bases *standard*, podendo ser incorporadas nas novas cadeias de DNA. Um exemplo destes agentes são o 5- Bromouracil (5BU) e o 2-aminopurina (2AP) (Tariq, 2021).

Os **agentes crosslinking** são agentes que estabelecem ligações covalentes entre dois nucleótidos, impedindo a replicação. Estas ligações *cross linking* podem ocorrer na mesma cadeia do DNA (*intrastrand*) ou entre as duas cadeias da dupla hélice do DNA (*interstrand*) (Western Oregon University, 2024). Exemplo destes agentes *crosslinking* são os agentes alquilantes, como o gás mostarda (Semlow & Walter, 2021).

Os **agentes intercalantes** são substâncias que provocam mutações ao intercalarem-se entre bases adjacentes no DNA, produzindo uma distorção física na dupla cadeia e causando inserções e deleções de nucleótidos na replicação. Um exemplo destes agentes é o brometo de etídio, utilizado em laboratórios na realização da eletroforese (Tariq, 2021).

1.9. Agentes mutagénicos e ativação de oncogenes

O **cancro** é uma das doenças mais frequentes e bem documentadas no mundo. (Bray *et al.*, 2024). Contudo, a explicação sobre como células normais se tornam cancerígenas continua a ser debatida, sendo as teorias sobre a carcinogénese o resultado de uma longa sucessão de crenças, reflexões e desenvolvimentos tecnológicos, ao longo de mais de dois mil anos (Laura El Nacheff *et al.*, 2024).

Hanahan e Weinberg publicaram, no ano 2000, um importante artigo em que propuseram que a complexidade genótipica das células cancerígenas é uma manifestação de seis alterações, as quais, juntas, originam o crescimento maligno das células (Hanahan & Weinberg, 2000). Essas alterações são: autossuficiência em termos de sinais de crescimento; insensibilidade aos sinais inibidores de crescimento; capacidade de evitarem a sua morte programada (**apoptose**); potencial de replicação ilimitado; capacidade de estimularem o crescimento de vasos sanguíneos (**angiogénese**); e capacidade de invasão de tecidos e **metastização**. Propõem ainda que estas características são partilhadas pela maior parte, senão todos os tumores presentes na espécie humana. Em 2011, estes autores publicaram uma atualização deste artigo, identificando duas novas características das células tumorais: a reprogramação das vias metabólicas e a capacidade de invadirem o sistema imunitário, destacando ainda que, subjacente a todas estas características, se encontra a **instabilidade do genoma** e a **inflamação** (Hanahan & Weinberg, 2011).

Atualmente, podemos afirmar que existem duas grandes classes de genes nos quais as mutações têm sido associadas ao aparecimento de cancro: **proto-oncogenes** e **genes supressores tumorais**. Os proto-oncogenes estão geralmente envolvidos no controlo do ciclo celular, e as mutações nestes genes transformam-nos em **oncogenes**, os quais promovem uma excessiva proliferação celular, com potencial para causarem cancro (Liu, 2023). As mutações nestes genes são geralmente **dominantes**, visto que o produto da atividade de um gene produzido por um único alelo é suficiente para desencadear um efeito estimulador (Figura 19a).

O outro grande grupo de genes, designados **genes supressores tumorais**, pode apresentar duas funções: manter a integridade do genoma (como exemplo, os genes **p53**, **BRCA-1** e **BRCA-2**), ou inibir a divisão celular (por exemplo os genes **RB** e **p16**), pelo que as mutações que os inativam facilitam igualmente uma divisão celular inadequada. As mutações nestes genes têm geralmente **efeitos recessivos**, visto que ambos os alelos

têm de estar mutados para remover toda a inibição (Figura 19b) (Pierce, 2013; Stephens *et al.*, 2016).

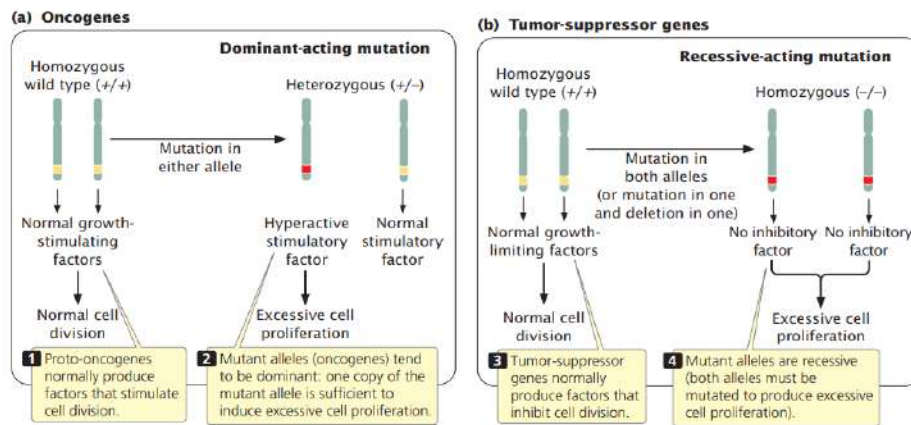


Figura 19 – Papel dos oncogenes e genes supressores de tumores no surgimento do cancro © Pierce, 2013, pg. 642

O gene p53 é também conhecido como “guardião do genoma humano”, desempenhando um importante papel no controlo da proliferação celular, ao parar a progressão do ciclo celular em G1/S para permitir a reparação em caso de lesões do DNA, ou induzindo a apoptose em casos de lesões mais extensas. As mutações que afetam este gene são as mais frequentes nas neoplasias humanas (Jesus Regateiro, 2003). Os genes BRCA1 e BRCA2, a exemplo do gene p53, são também genes supressores de tumores, o primeiro associado ao cancro da mama e do ovário, e o segundo ao cancro da mama ou do pâncreas. Genes diferentes estão associados a diferentes tipos de cancro (Stephens *et al.*, 2016). O gene RB (de retinoblastoma) codifica uma proteína que está envolvida na regulação do ciclo celular, funcionando como regulador negativo, ao inibir a transcrição dos genes necessários à replicação do DNA até que a célula esteja pronta para se dividir novamente.

Muitas células tumorais possuem mutações nos oncogenes e nos genes supressores tumorais (Lodish *et al.*, 2013).

1.10. Os vírus causadores de cancro

As mutações génicas não são a única causa de cancro. As **viroses** são igualmente responsáveis por vários tipos de cancro em animais, existindo evidência que causam também cancros nos seres humanos (Figura 20). Como exemplo, 95% de todas as mulheres com **cancro do colo do útero** estão infetadas pelo **vírus do papiloma humano**.

Os retrovírus causam por vezes cancro através de mutações e rearranjos nos genes dos hospedeiros, convertendo proto-oncogenes em oncogenes. Outra forma das viroses contribuírem para o aparecimento de cancro é através da alteração na **expressão dos genes**. Os retrovírus possuem fortes promotores que asseguram que o seu próprio material genético é transcrito pela célula do hospedeiro. Caso os retrovírus insiram promotores virais perto de um proto-oncogene, podem estimular elevados níveis de expressão desses proto-oncogenes, levando à proliferação celular.

VÍRUS	DESCRIÇÃO
Vírus do sarcoma de Rous	Provoca sarcoma em galinhas.
Vírus do sarcoma dos símios	Provoca sarcoma em macacos.
Vírus da hepatite B	Provoca cancro de fígado em diversas espécies, incluindo os macacos.
Papilomavirus	Provoca diversos tumores benignos e malignos. Na espécie humana, é responsável pelo cancro do colo do útero.
Vírus Epstein-Barr	Provoca linfoma de Burkitt, que surge nos indivíduos imunodeprimidos, nomeadamente nos doentes com SIDA.

Figura 20 – Vírus causadores de cancros © Matias e Martins, 2023, pg. 123

1.11. Mutações cromossómicas

Ao conjunto completo (*set*) de cromossomas de um organismo dá-se a designação de cariótipo, sendo geralmente apresentado sob a forma de uma imagem com os cromossomas na metáfase ordenados pelo tamanho, do maior para o menor. Os organismos são designados **euploides** se apresentarem um número de cromossomas que é um múltiplo exato de um lote ou conjunto de cromossomas, ou seja, se possuírem lotes completos de cromossomas. No exemplo das **espécies diploides (2n)**, os organismos euploides têm dois conjuntos de cromossomas. No caso da espécie humana, os organismos possuem dois conjuntos de 23 cromossomas ($2n = 46$) (Figura 21).

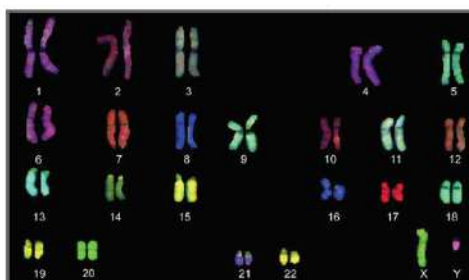


Figura 21 – Cariótipo diploide normal © Orr *et al.*, 2015, pg. 539

A integridade do **genoma** depende da correta segregação dos cromossomas replicados durante a divisão celular (Orr *et al.*, 2015). Todavia, podem por vezes ocorrer erros durante essa segregação, originando mutações cromossómicas. As mutações cromossómicas podem ser agrupadas em três categorias básicas: **Rearranjos cromossómicos** (ou mutações cromossómicas estruturais), **aneuploidias** e **poliploidias** (Pierce, 2013).

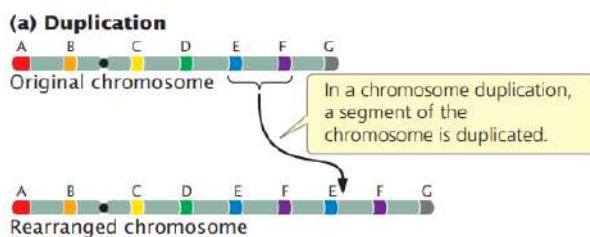


Figura 22 – Rearranjo cromossómico: duplicação ©Tradução de Pierce, 2013, pg. 242

Os **rearranjos cromossomáticos** alteram a estrutura dos cromossomas. Por exemplo, uma parte de um cromossoma pode ser duplicado, removido ou invertido. Nestas mutações verifica-se a manutenção do número de cromossomas, alterando-se apenas o arranjo e/ou o número de genes. Os rearranjos cromossómicos podem ser de quatro tipos: duplicações, deleções, inversões e translocações. A duplicação é uma mutação na qual parte de um cromossoma é duplicado (Figura 22). As duplicações podem ser classificadas como duplicações tandem; duplicações deslocadas ou duplicações reversas.

Na **duplicação tandem** a região duplicada está imediatamente adjacente ao segmento original; a **duplicação deslocada** ocorre quando o segmento duplicado está localizado a alguma distância do segmento original, quer seja no mesmo ou noutra cromossoma. Na **duplicação reversa**, ao contrário da tandem e da deslocada, a orientação do segmento duplicado está também invertida.

Outro tipo de rearranjo cromossómico são as **deleções**, em que ocorre a perda de um segmento de um cromossoma (Figura 23). Uma grande deleção num cromossoma pode ser facilmente identificada porque o cromossoma fica visivelmente menor.

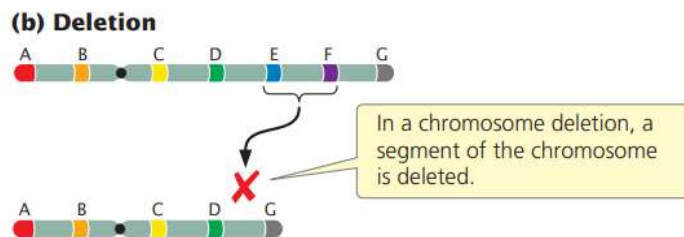


Figura 23 – Rearranjo cromossómico: deleção ©Tradução de Pierce, 2013, pg. 242

Nos seres humanos, a deleção cromossómica no braço curto de um dos cromossomas do par 5 é responsável pelo **síndrome Cri-du-chat**. Esta mutação traduz-se por algumas alterações fenotípicas como a microcefalia, atraso mental acentuado e pelos indivíduos afetados emitirem um choro tipicamente agudo, semelhante ao grito de um gato. A incidência desta síndrome varia entre 1:15 000 e 1:50 000 (Cerruti Mainardi, 2006). Se a deleção cromossómica for no braço curto do cromossoma 4 origina outra síndrome, a **síndrome Wolf- Hirschorn**. Fenotipicamente, os indivíduos com esta síndrome apresentam atraso mental, epilepsia, atraso do desenvolvimento psicomotor e dismorfismo facial (Bergemann & Hirschhorn, 2005).

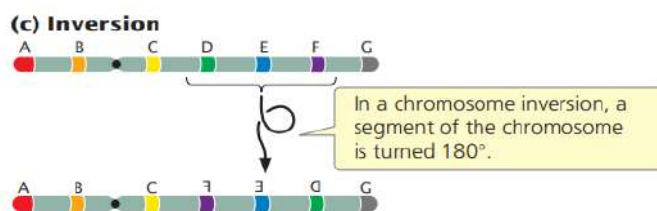


Figura 24 – Rearranjo cromossómico: inversão ©Tradução de Pierce, 2013, pg. 242

Outro tipo de rearranjo cromossómico, representando aproximadamente 10% deste tipo de mutações, é a **inversão cromossómica**, no qual o segmento de um cromossoma é invertido em 180 graus (Figura 24) (Muss & Schwanitz, 2007; Pierce, 2013). Para que uma inversão ocorra, o cromossoma tem de ser quebrado em dois locais. As inversões são designadas paracêntricas se não incluírem o centrómero; ou pericêntricas, se incluírem, com as segundas a serem mais frequentes do que as primeiras (66% em comparação com 34%), em parte devido às dificuldades de diagnóstico no grupo das paracêntricas (Muss & Schwanitz, 2007). Os indivíduos com inversões cromossómicas não ganham nem perdem material genético, apenas a sequência de DNA é alterada.

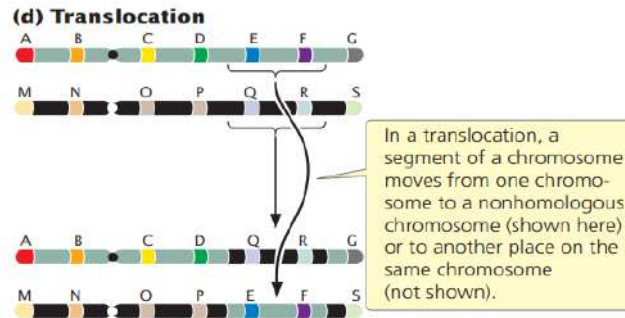


Figura 25 – Rearranjo cromossómico: translocação ©Tradução de Pierce, 2013, pg. 242

As **translocações** são um tipo de rearranjo cromossómico que envolve o movimento de material genético entre cromossomas não homólogos ou no mesmo cromossoma (Figura 25). A translocação não deve ser confundida com **crossing over**, durante o qual ocorre troca de material genético entre cromossomas homólogos. A transferência de material de um cromossoma para outro não homólogo é designada translocação simples. Se houver troca de segmentos entre dois cromossomas não homólogos designa-se translocação recíproca.

Nas **aneuploidias**, que podem afetar os cromossomas sexuais ou os autossomas, o número de cromossomas é alterado: um ou mais cromossomas é adicionado ou eliminado. Esta condição interfere com o normal crescimento e desenvolvimento de um organismo, e é também uma característica comum nos tumores sólidos (Torres *et al.*, 2008).

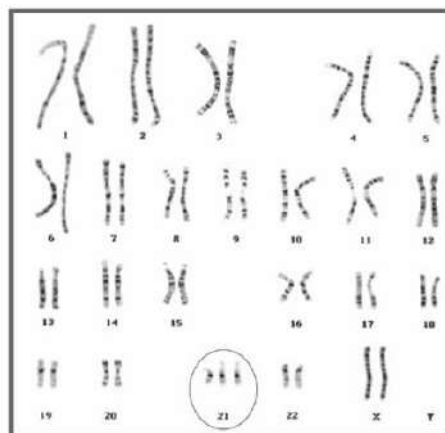


Figura 26 – Cariótipo síndrome de Down normal © Orr *et al.*, 2015, pg. 539

Nos indivíduos diploides podemos considerar quatro tipos mais comuns de **aneuploidias autossômicas**: monossomia, trissomia, tetrasomia e nulissomia. Na **monossomia** ocorre a perda de um cromossoma ($2n - 1$). Nestas circunstâncias, um zigoto humano monossômico possui 45 cromossomas. Na **trissomia** há ganho de um único cromossoma ($2n + 1$). Um zigoto humano trissômico possui 47 cromossomas. O ganho de mais um cromossoma significa que existem três cópias homólogas de um cromossoma (Figura 26).

Nos seres humanos, as únicas aneuploidias viáveis são as trissomias 13, 18 e 21. As restantes são maioritariamente incompatíveis com o normal desenvolvimento dos fetos.

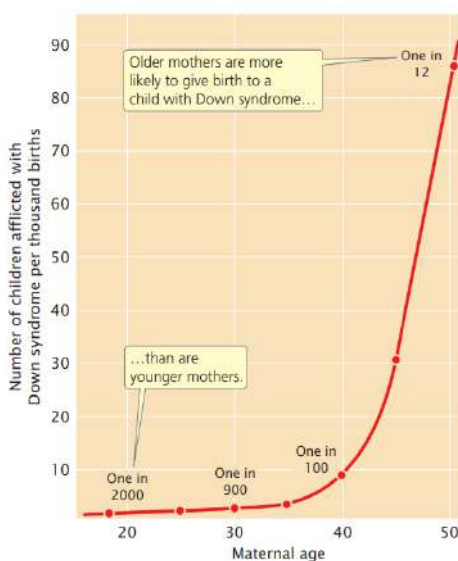


Figura 27 – Relação da incidência da síndrome de Down com a idade materna © Pierce, 2013, pg. 257

Os indivíduos com trissomia 13 e 18 apresentam severas limitações no seu normal desenvolvimento e tipicamente não sobrevivem para além do primeiro ano de vida. Os indivíduos com trissomia 21 apresentam a **síndrome de Down**, a forma mais comum de atraso mental e a mais comum aneuploidia (Orr *et al.*, 2015). A maior parte das síndromes de Down, assim como de outros tipos de aneuploidias em humanos, têm origem em fenómenos de não-disjunção dos cromossomas durante a meiose, e a sua frequência aumenta com a idade da mãe (Figura 27) (Compton, 2011; Pierce, 2013; Torres *at al.*, 2008).

Na **tetrasomia** há ganho de dois cromossomas adicionais ($2n+2$) e, muito raramente, pode não existir nenhum cromossoma de um determinado par, sendo designada **nulissomia**.

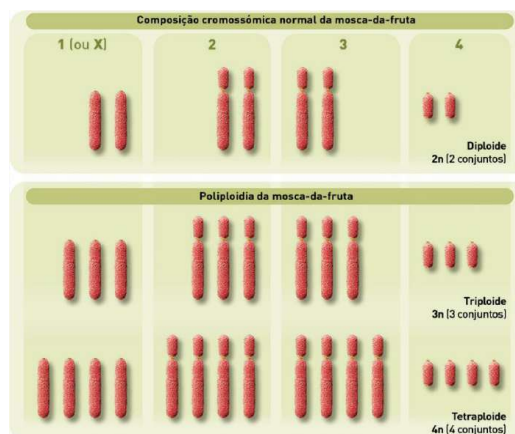


Figura 28 – Poliploidia na mosca da fruta © Escola virtual – Matias e Martins, 2023, pg. 127

As consequências biológicas da aneuploidia são, todavia, marcadamente diferentes daquelas da poliploidia (Otto & Whitton, 2000). A **poliploidia**, onde três ou mais conjuntos de cromossomas haploides estão presentes num único organismo, é omnipresente em todos os reinos vegetal e animal, com a exceção das linhagens de mamíferos e aves (Van De Peer *et al.*, 2017). Os organismos diploides ($2n$), durante a maior parte dos seus ciclos celulares, possuem dois conjuntos de cromossomas. Ocasionalmente, conjuntos completos de cromossomas não se separam na mitose ou na meiose, originando poliploidias. Nestas, ocorre assim um aumento da dimensão do genoma, com um ou mais conjuntos completos (*sets*) de cromossomas a serem adicionados (Otto & Whitton, 2000). A poliploidia inclui a **triploidia** ($3n$), **tetraploidia** ($4n$), **pentaploidia** ($5n$) ou mais *sets* de cromossomas (Figura 28).

As poliploidias foram classificadas em **autopoliploidias** e **alopoliploidias** há quase um século, com todos os conjuntos de cromossomas a provir da mesma espécie na autopoliploidia, ou a provir de duas ou mais espécies na aloploidia (Kihara & Ono, 1926, citado por Mason & Wendel, 2020).

Na espécie humana, a poliploidia é geralmente letal durante o desenvolvimento embrionário, sendo uma alteração cariotípica comum nos abortos ocorridos durante o primeiro trimestre de gravidez (Compton, 2011). A poliploidia é mais rara nos animais e extremamente frequente nas plantas, nas quais pode levar à formação de novas espécies. Essa plantas apresentam, por vezes, sementes, flores e folhas maiores e constituem um exemplo de como as mutações podem apresentar vantagens (Spoelhof & Soltis, 2017).

2. Enquadramento curricular

Como referido, este trabalho de investigação está enquadrado no domínio “Património Genético”, com as Aprendizagens Essenciais Elencadas por Domínio a definirem que os alunos deverão:

1. “Explicar exemplos de mutações génicas e cromossómicas (em cariótipos humanos), sua génese e consequências”.
2. “Interpretar informação científica relativa à ação de agentes mutagénicos na ativação de oncogenes”

Em termos das Aprendizagens Essenciais Transversais, as atividades propostas procurarão habilitar os alunos a:

- Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos
- Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico
- Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

No quadro 1 encontram-se identificados os conteúdos incluídos nesta proposta de investigação, as respetivas aprendizagens essenciais e as ações estratégicas de ensino orientadas para o perfil dos alunos, com a indicação das aulas em que estas irão ser trabalhadas com maior ênfase.

Quadro 1 - Enquadramento Curricular

Disciplina: Biologia	Turma: 12.º
Domínio	Património Genético
Capítulo	Alterações do Material Genético
Conteúdos	As mutações como fonte de diversidade genética e causa de doenças genéticas As causas das mutações e as consequências da exposição a agentes mutagénicos O cancro enquanto proliferação celular descontrolada e o papel dos proto-oncogenes e dos genes supressores tumorais na regulação da proliferação celular Relação entre as mutações cromossómicas e as doenças genéticas
Aprendizagens essenciais	Explicar exemplos de mutações génicas e cromossómicas (em cariótipos humanos), sua génese e consequências Interpretar informação científica relativa à ação de agentes mutagénicos na ativação de oncogenes

<p>Ações estratégicas de ensino orientadas para o perfil dos alunos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promover estratégias que impliquem por parte do aluno: <ul style="list-style-type: none"> - Interrogação sobre o seu próprio conhecimento (aulas 1 e 12). - Formulação de questões para terceiros sobre conteúdos estudados ou a estudar (aulas 6, 7 e 8) • Promover estratégias que envolvam aquisição de conhecimentos, informação e outros saberes, relativos a conteúdos das Aprendizagens Essenciais, que impliquem: <ul style="list-style-type: none"> - Rigor, articulação e uso consistente de conhecimento (todas as aulas) - Memorização, compreensão, consolidação e mobilização de saberes Intra e interdisciplinares (aula 10) - Seleção, organização e sistematização de informação pertinente, com leitura e estudo autónomo (aulas 2, 8, 9, 11) • Promover estratégias que envolvam a criatividade dos alunos: <ul style="list-style-type: none"> - Conceção sustentada de pontos de vista próprio, face a diferentes perspetivas (aula 12) - Expressão criativa de aprendizagens (modelos e organizadores gráficos) (aula 5, 11) - Problematização de situações (aulas 11 e 12) - Análise de factos, teorias e situações, identificando os seus elementos ou dados (todas as aulas) • Promover estratégias que criem oportunidades para o aluno: <ul style="list-style-type: none"> - Colaborar com outros, apoiar terceiros em tarefas (todas as aulas, exceto aula 10) - Participar de forma construtiva em trabalho de grupo, designadamente em atividades de pesquisa de informação (todas as aulas, exceto aula 10) • Promover estratégias e modos de organização das tarefas que impliquem por parte do aluno: <ul style="list-style-type: none"> - Cumprimento de compromissos contratualizados (todas as aulas).
<p>Competências</p>	<p>Linguagens e Textos</p> <p>Informação e Comunicação</p> <p>Relacionamento Interpessoal</p> <p>Desenvolvimento pessoal e autonomia</p> <p>Bem-estar, saúde e ambiente</p> <p>Saber científico, técnico e tecnológico</p>

3. Intervenção didática

A presente descrição corresponde à intervenção didática realizada numa turma do 12.º ano de Biologia, numa escola localizada na periferia de Lisboa.

Ao longo do ano letivo a turma esteve dividida em dois turnos, um com aulas de 100 minutos às terças-feiras (11h30-13h20) e o outro às quartas-feiras (11h30-13h20). Nas quintas-feiras os alunos tinham uma aula comum (10h30-11h20).

A intervenção teve início a 9 de abril e terminou a 22 de maio, tendo sido lecionadas doze aulas. Dessas, sete tiveram a duração de 100 minutos, repartidas pelos dois turnos, e as restantes 50 minutos (com todos os alunos) (Apêndices A).

No quadro 2 estão descritas as atividades e recursos utilizados ao longo da intervenção.

Quadro 2 - Descrição das Atividades e Recursos

Aula	Descrição das Atividades	Recursos
1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da metodologia a utilizar na lecionação do domínio “Património Genético- Alterações do material genético” • Revisão de conceitos relativos ao domínio “Crescimento, renovação e diferenciação celular” do 11º ano de escolaridade • Conceitos básicos sobre mutações e doenças genéticas • Apresentação e escolha, pelos alunos, da “Questão Desafio”, a apresentar na aula 11 	Guia Gamificação <i>Internet</i> PC Apresentação PPT <i>Kahoot</i> Site: From DNA Mutations to Protein Structure – Connected Biology
2	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem das mutações no âmbito CTSA • Os mecanismos subjacentes às mutações induzidas (físicas e químicas) 	<i>Internet</i> PC Apresentação PPT Vídeo Manual da disciplina Artigo científico
3	<ul style="list-style-type: none"> • A partir da terceira aula, haverá um momento inicial de revisão dos conteúdos trabalhados nas aulas anteriores, a apresentar pelos alunos • Conceitos básicos sobre cancro e a relação entre cancro, proto-oncogenes e Genes supressores tumorais • Realização de um exercício do Manual da disciplina (pg. 120) 	<i>Internet</i> PC Vídeo Apresentação PPT Manual da disciplina
4	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação das características dos oncovirus e o seu papel no surgimento do cancro • Exploração de exemplos de cancros com origem viral 	<i>Internet</i> PC Apresentação PPT
5	<ul style="list-style-type: none"> • As Mutações Cromossómicas Estruturais e Numéricas: Tipos e exemplos de doenças de origem genética • Elaboração e apresentação de poster sobre as Mutações Cromossómicas (Trabalho de Grupo) 	<i>Internet</i> PC Apresentação PPT Manual da disciplina Cola Fita adesiva Tesouras Cartolinas
6, 7	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com especialistas (Anatomia Patológica; Hospital Egas Moniz) 	Listagem de questões elaboradas pelos alunos PC e <i>Internet</i> Microscópios Preparações definitivas Apresentações PPT
8, 9, 11	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentações dos trabalhos de grupo à turma 	Utilização de recursos a definir pelos vários grupos de alunos Filme “Float”
10	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação Individual de Posters sobre Mutações – Engenharia Genética 	PC Posters impressos
12	<ul style="list-style-type: none"> • Sessão “Questão Desafio” • Avaliação pelos alunos do impacto da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações” e das 3 questões de investigação propostas. 	PC <i>Internet</i> Apresentação PPT Livros e Artigos Científicos Questionário de <i>feedback</i> sobre a temática em investigação

3.1. Gamificação

No âmbito da gamificação destes conteúdos, cujo impacto foi no final avaliado pelos alunos, a turma foi desafiada a concretizar uma missão que envolvia vários desafios, avaliados por trabalhos de grupo e por um trabalho individual. Com a concretização das tarefas propostas, os grupos e os seus elementos não recebiam uma avaliação tradicional (0-20 valores), mas antes “Pontos de DNA”, os quais lhes permitiam alcançar sucessivos patamares e avançar na concretização das suas missões.

3.2. Missão

A turma de Biologia do 12.º ano, organizada em grupos de 3 ou 4 alunos, teve como missão divulgar medidas que protegem os cidadãos europeus da exposição a agentes potencialmente cancerígenos ou mutagénicos.

Essa missão podia ter como alvo toda a população europeia (alertando para os riscos do tabagismo, por exemplo), ou estar centrada em setores específicos da atividade económica que, pela sua natureza, lidam com esses agentes (como por exemplo a indústria petroquímica ou a indústria têxtil).

Cada grupo tinha uma missão e, para a concretizar com sucesso, deveria ultrapassar desafios relacionados com os conteúdos programáticos do 12.º ano de escolaridade de Biologia, concretamente com o módulo “Alterações do Material Genético – Mutações”.

O “Guia Completo para a Gamificação - Está nas tuas mãos proteger os genes dos trabalhadores europeus” foi distribuído na primeira aula desta intervenção, onde os alunos puderam descobrir os objetivos a alcançar, o sistema de pontuação e as tarefas que estão incluídas. O objetivo foi criar uma dinâmica típica dos jogos (vontade de vencer!) e estimular a sua participação e vontade de aprender (Apêndice B).

Por cada desafio ultrapassado, o grupo obtinha “Pontos de DNA” (Quadro 3) resultado de uma avaliação individual e coletiva para essa tarefa. Dependendo da respetiva dificuldade, os “Pontos de DNA” atribuídos eram também diferentes. Para o somatório de “Pontos de DNA” de cada grupo contribuíam duas componentes: o desempenho do grupo e a média do desempenho individual dos seus elementos.

Quanto melhor fosse o desempenho total do grupo, mais pontos acumulavam e mais rapidamente alcançavam os diferentes níveis. Não era possível, todavia, desencadear mais do que uma ação por semana.

A divulgação consistiu em preparar uma apresentação para gestores dessas empresas, ou para a comunidade como um todo, alertando para o risco da exposição a estas substâncias e para a necessidade de cumprir esta legislação.

Outro objetivo (*minor*) desta gamificação foi familiarizar os estudantes com a atividade parlamentar da União Europeia, nomeadamente na produção de legislação relacionada com a proteção dos cidadãos e trabalhadores europeus.

Quadro 3 – Pontos de DNA e progressão na missão dos Grupos

Semana / Aulas	Potencial de “Pontos de DNA”/ Potencial Acumulado	“Ponto de DNA” necessários	Nível	Ação desencadeada
1 / 1 e 2	340/340	-	Explorador de Genes	O grupo recebe documentação sobre a proteção do genoma humano
2 / 3 e 4	210/550	225	Mestre do DNA	O grupo recebe informação sobre a substância cancerígena que deverá investigar
3 / 5	120/670	285	Guardião do Genoma	O Grupo recebe informação sobre a legislação europeia relativa a essa substância (ou produto, no caso do tabaco)
4 / 6 e 7	240/910	405	Herói genético	O grupo está preparado para fazer a apresentação.
Final da 1ª parte				
5/ 8,9,10, 11 e 12	Discussão e Apresentações			
Final do Jogo				

3.3. Desafios gamificados

Os desafios planeados foram os que a seguir se apresentam:

1. “KAHOOT”

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos relativamente à genética, foi realizado um *Kahoot* com questões centradas nas Aprendizagens Essenciais Elencadas por Domínio (AED) propostas para os conteúdos de Biologia do 11º ano, concretamente sobre “Crescimento, renovação e diferenciação celular” e “Reprodução”. Nas questões com mais respostas erradas foram feitas pausas e revistos os conteúdos.

2. “TAKE HOME MESSAGES”

Cada grupo foi responsável por elaborar, para uma das aulas desta intervenção, uma breve apresentação com as 5 mensagens que consideraram essenciais dos conteúdos trabalhados duas aulas atrás, e apresentá-los aos colegas no início da aula. O desfasamento de duas aulas foi propositado e pretendeu proporcionar cerca de uma semana de preparação a cada grupo.

3. PARTICIPAÇÃO NAS AULAS

Foi considerada a participação individual de cada aluno ao longo das aulas, em termos de intervenções construtivas, revelando curiosidade ou dúvidas sobre as temáticas, e realizando as atividades propostas. Ao contrário de algumas das tarefas, que apenas ocorrem uma vez por grupo, neste desafio os grupos podiam acumular pontos em todas as aulas através da participação ativa dos seus elementos.

4. QUESTÃO DESAFIO

Os alunos selecionaram, na primeira aula, uma das seguintes “Questões Desafio” para trabalhar ao longo destes conjuntos de aulas:

A) Em que medida são os indivíduos responsáveis por mutações génicas que podem aumentar o risco de doenças? Que implicações poderão surgir na forma como a sociedade aborda a prevenção e o tratamento das doenças relacionadas com essas mutações?

B) Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias?

C) Com o avanço tecnológico na identificação de mutações génicas, há a possibilidade de surgirem discriminações com base no perfil genético. Como deve a sociedade abordar as questões da discriminação relacionadas com a informação genética?

Os vários grupos tinham como responsabilidade interagir entre si e propor a forma como a aula em que esta questão irá ser debatida estaria organizada (aula 12).

5. “MEET THE EXPERT”

Cada grupo foi responsável pela preparação de cinco questões, para colocar às especialistas convidadas, devendo enviá-las previamente para o docente, que deu o seu *feedback* aos grupos. O objetivo foi induzi-los a uma reflexão prévia sobre os temas mais relevantes, de modo a rentabilizar a presença das especialistas na sala de aula. Essa preparação constituiu também um estímulo à investigação autónoma dos grupos, ao mesmo tempo que permitiu validar a pertinência das questões em termos curriculares. Pretendeu-se, todavia, que o *flow* natural do diálogo entre os discentes e as especialistas não deixasse de acontecer.

Adicionalmente fez-se um *briefing* com as especialistas, caracterizando as atividades que estão a ser realizadas, os conteúdos programáticos para os alunos do 12.º ano e os motivos da sua participação neste projeto de cariz investigativo.

6. POSTER INDIVIDUAL

Na penúltima aula da intervenção, os alunos fizeram uma apresentação individual de um poster sobre doenças genéticas e as propostas no âmbito da engenharia genética para a cura das mesmas. Este desafio permitiu fazer a integração dos conteúdos trabalhados nesta intervenção com os fundamentos da engenharia genética que a professora cooperante tinha ministrado anteriormente. Os resultados individuais foram também apresentados em “Pontos de DNA” e adicionados aos respetivos grupos.

7. DESAFIO GENÉTICO

O “Desafio Genético” consistiu na elaboração de um poster a partir de frases e imagens relacionadas com mutações (materiais disponibilizados pelo professor). Os grupos tinham nas suas mesas recortes com frases relativas aos principais tipos de mutações cromossómicas; cartolinas, tesouras e cola. O jogo consistiu em ler as frases que lhes foram fornecidas e organizá-las na cartolina de forma a que fizessem sentido e “contassem uma história”. Deveriam também escolher e organizar as imagens mais adequadas a esse objetivo, colando-as na cartolina e fazendo no final uma apresentação aos colegas.

8. APRESENTAÇÃO À TURMA

Cada grupo preparou o tema relacionado com a missão que lhe foi atribuída e faz uma apresentação à turma, que assumiu o papel de empresários de empresas nas quais os funcionários estão em contacto com substâncias cancerígenas ou mutagénicas.

Foi valorizada na apresentação a criatividade, a participação dos vários elementos, o rigor, o enquadramento do problema, a profundidade na exploração da temática, os materiais produzidos e o impacto na audiência (Apêndice D).

4. Descrição das aulas

Aula 1 (1º turno, dia 9 abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Revisão sobre os ácidos nucleicos (conteúdos do 11º ano). Mutações

Ao contrário das anteriores intervenções que realizei neste mestrado, centradas exclusivamente numa aula, esta era a primeira vez em que iria dar continuidade a um trabalho ao longo de algumas semanas, o que me permitiria conhecer melhor os alunos e aprofundar a minha relação com eles. Adicionalmente, iria ter também a oportunidade de implementar muito do que tenho aprendido neste mestrado, não só numa perspetiva pedagógica, como também “operacional” (por exemplo, estabelecer prazos para a entrega de trabalhos, ou garantir que os materiais que vou utilizar estão preparados para as respetivas aulas).

Nesta primeira aula, senti igualmente uma enorme vontade de que tudo corresse bem ao longo da intervenção. Assim, depois de dar os bons dias a toda a turma, comecei por partilhar esses sentimentos com os alunos. Realcei que este é o corolário dos meus últimos cinco anos de trabalho, três na Faculdade de Ciências e dois no Instituto de Educação, e que iria colocar todo o meu empenho para que eles aprendessem os conteúdos relacionados com as mutações génicas, tirassem prazer das aulas, e no final guardassem uma lembrança positiva de toda a experiência.

Neste sentido, comecei por destacar que, com base no acompanhamento que tenho feito desde o início do ano letivo, considerava que a turma e cada um dos seus alunos tinham muitas potencialidades, e se encontravam numa escola com as condições ideais para as explorar. Havia por isso que aproveitar. E eu pretendia precisamente contribuir para isso, enquanto docente, com esta minha intervenção.

Ainda no início da aula fui informado de que um dos alunos estava doente, mas que iria assistir via *zoom*, tendo estabelecido a respetiva ligação com o apoio da professora cooperante.

Depois destes momentos iniciais, comecei por apresentar a forma como as próximas aulas iriam decorrer, tendo distribuído o Guia Completo sobre a Gamificação do Conteúdo “Alterações do Material Genético – Mutações”, um documento onde os alunos encontram a apresentação do jogo e as informações sobre cada um dos seus desafios. Perguntei-lhes se já tinham, ao longo da sua escolaridade, participado em atividades letivas gamificadas, tendo a grande maioria dito que não, ou que não sabiam. Este método de trabalho foi, por isso, uma novidade, pelo menos enquanto dinâmica aplicada a esta turma.

De seguida, pedi-lhes para abrirem o guia que lhes tinha entregue e apresentei os detalhes de cada atividade, à medida que fomos folheando o documento. Fui também esclarecendo algumas dúvidas que foram surgindo. Procurei fazer esta comunicação de forma positiva e motivadora, visto que a energia que o professor transmite nestes momentos é decisiva para a aceitação e sucesso de qualquer metodologia que lhes seja proposta. De uma forma global, senti que foi bem recebida, e que os alunos ficaram num misto de expectativa e motivação.

O primeiro desafio foi a turma organizar-se em grupos, escolherem um nome (um *Avatar*) para identificarem esses grupos e comunicarem-no ao professor. Esta tarefa

decorreu de forma bastante natural e rápida, visto que os alunos se já se conheciam e as ligações de amizade e de trabalho estavam bem estabelecidas.

De seguida, apresentei as três “Questões-debate”, fazendo um breve comentário sobre cada uma delas e realçando a sua importância em termos da Biologia e da sociedade contemporânea. Após este momento, dei alguns minutos aos grupos para discutirem entre si as várias propostas e comunicarem as suas escolhas. A escolha da “Questão-debate” permitiu, assim, aos grupos recém-formados uma primeira discussão em grupo, tendo os resultados sido os que a seguir se apresentam:

Questão A: Em que medida são os indivíduos responsáveis por gerar mutações génicas e dessa forma aumentar o risco de doenças? Que implicações poderão surgir na forma como a sociedade aborda a prevenção e o tratamento das doenças relacionadas com essas mutações? 2 votos

Questão B: Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias? 1 voto

Questão C: Com o avanço tecnológico na identificação de mutações génicas, há a possibilidade de surgirem discriminações com base no perfil genético. Como deve a sociedade abordar as questões da discriminação relacionadas com a informação genética? 1 voto.

Informei a turma que, a esta pontuação, será acrescentada a votação do turno do dia seguinte, e que na aula de 5^a feira partilharia os resultados finais.

Quando referi que iríamos de seguida começar por fazer revisões sobre a matéria do ano anterior, relativa a ácidos nucleicos e síntese proteica, percebi que houve alguns sorrisos de insegurança. Todavia, quando perceberam que essa revisão seria feita através de um *kahoot*, e que as respostas seriam dadas por grupo, os alunos ficaram claramente mais animados. O *kahoot* teve 20 questões, com diferentes níveis de dificuldade, e cobriu todos os conteúdos do livro de Biologia do 11^o ano (Apêndice C1.1). Foi interessante verificar que os alunos aderiram de forma muito espontânea a este exercício, mostrando satisfação, precisamente como tinha visto noutras ocasiões em que a professora cooperante utilizou *kahoots*. Globalmente as respostas foram boas, e os alunos sentiram-se confiantes, provavelmente por estarem a responder em grupos, e não individualmente. Outro aspeto interessante é que estes dois elementos (criação de grupos e *kahoot*) foram suficientes para estabelecer um ambiente de desafio e competição, gerando inclusivamente discussões quando alguém se precipitava nas respostas sem consultar os

colegas. Confirmei assim que, embora os *kahoots* sejam já bem conhecidos dos alunos, continuam a ser muito bem aceites e a gerarem um grande envolvimento e participação.

Um dos problemas desta aula que, aliás, se repetiu posteriormente, esteve relacionado com a ligação à *internet*, que na escola é muito deficiente. Para evitar essa limitação, a professora cooperante utiliza habitualmente uma rede pessoal mas, mesmo assim, a ligação foi interrompida quando estávamos na questão 17, o que impediu a obtenção das pontuações de todo o exercício (as últimas questões foram apenas respondidas verbalmente).

Relativamente aos novos conteúdos, relacionados com as mutações, percebi que o *sluke kit* que tinha preparado para esta aula foi equilibrado para o tempo disponível (Apêndice C1.2), e que foi um bom ponto de partida para as explicações e diálogos que pretendia ter com os alunos. Todavia, com o aproximar do final da aula, senti como é difícil gerir o tempo e manter a atenção da turma. Nos últimos minutos os alunos começaram a ficar inquietos, e a exploração do simulador “Mutações génicas e síntese proteica” (Apêndice C1.3), que tinha previsto para este momento, foi realizado de uma forma pouco aprofundada, apenas com os alunos a assistirem a alguns exercícios feitos por mim.

Apesar deste final de aula mais apressado (os 100 minutos passaram rapidamente), experimentei uma sensação de realização que é comum a muitos professores: a de que podemos fazer a diferença na vida dos alunos. Senti que apelei às suas participações, individualmente e enquanto membros de um grupo, e que conversámos sobre o tema das mutações num ambiente positivo, e que fui bem aceite. No final da aula, um dos alunos veio ter comigo a agradecer e a dizer que “gostou muito”.

•

Após a aula terminar, revi com a docente cooperante como colocar conteúdos na *classroom* da turma, tendo a professora criado uma pasta para mim, onde passei a disponibilizar os *slide kits* que fui utilizando, e partilhando semanalmente as classificações referentes à gamificação.

Quando cheguei a casa, escrevi os meus comentários sobre a aula, para ter a informação mais presente, e preenchi a grelha de avaliação com os resultados do *kahoot*. Percebi que a avaliação da componente de participação é mais difícil de avaliar, visto que

alguns alunos “monopolizam” as intervenções. De qualquer forma, considerei que a participação na aula é mais vasta do que apenas as intervenções orais espontâneas, ou a resposta às questões colocadas. Nesta aula, participar foi também discutir com os colegas os conteúdos que estavam a ser abordados, assim como a dinâmica revelada no *kahoot* e na escolha do tema debate.

Aula 1 (2º turno, 10 de abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Revisão sobre os ácidos nucleicos (conteúdos do 11º ano). Mutações

A exemplo do dia anterior, iniciei a aula a dar as boas-vindas e a apresentar a intervenção que iria realizar nas próximas aulas. Procurei não me repetir no discurso, embora passando as mesmas mensagens e a mesma emoção relativamente às expectativas que trazia, e ao empenho que iria colocar na intervenção, para que tudo corresse bem e esta fosse uma experiência muito positiva nas vidas dos alunos. Aproveitei também estes momentos iniciais para agradecer publicamente à professora cooperante todo o acompanhamento que me prestou desde o início do ano letivo, à possibilidade de assistir às suas aulas, e todas as conversas que fomos tendo sobre os desafios e experiências que os professores enfrentam ao longo das suas carreiras.

Enquanto o primeiro turno é constituído por quinze alunos, este segundo tem apenas nove. Essa dimensão faz bastante diferença: os alunos estão mais concentrados, há menos ruídos na sala e as atividades propostas são realizadas mais rapidamente. Fiz novamente a apresentação passo a passo do “Guia Completo sobre a Gamificação do Conteúdo “Alterações do Material Genético – Mutações”, esclareci algumas questões e concedi igualmente alguns minutos para a turma se organizar em grupos. Confirmei a ideia que trouxe do dia anterior: a de que o facto dos trabalhos serem realizados essencialmente em grupo deixa os alunos mais tranquilos, e que isso é muito bem aceite.

Globalmente, os *kahoots* permitiram novamente confirmar que os conhecimentos do 11º ano estavam presentes. Numa das questões, que todos erraram, utilizei o quadro para exemplificar a replicação do DNA, enquanto ia pedindo aos alunos para me acompanharem no raciocínio e intervirem com as dúvidas que tivessem.

Ao contrário da véspera, a ligação da internet não caiu. Contudo, o ecrã deixou de funcionar, ficando com a imagem muito esbranquiçada, sem que se conseguisse ver os conteúdos projetados. Quando isso aconteceu, fechámos os estores das janelas para continuar a aula e, quando o projetor voltou a estar normal, abrimo-las novamente.

Fizemos também a votação das “Questões-debate”, tendo os resultados sido:

Questão A: 0 votos; Questão B: 2 votos; Questão C: 0 votos

A exemplo da aula anterior, o ambiente na sala foi muito bom, com os alunos concentrados e a participar (um deles assistiu a partir de casa por se encontrar doente). Esta primeira aula permitiu-me igualmente confirmar que alguns alunos são muito participativos, informação que já me tinha sido fornecida pela professora cooperante no início do ano letivo e confirmada por mim no acompanhamento das suas aulas.

Em comparação com a aula do dia anterior, percebi que esta decorreu de forma mais célere, não apenas pelo facto do grupo ser mais pequeno, mas também porque, sendo a segunda vez que estava a falar sobre estes conteúdos, o meu discurso se tornou mais fluído e consolidado, permitindo-me avançar na matéria. Coloquei também mais perguntas abertas sobre mutações, para compreender melhor o que os alunos já sabiam sobre o tema e introduzir os novos conteúdos a partir desse enquadramento inicial.

Notei, igualmente, que consegui fazer uma melhor gestão dos tempos, com base na experiência da véspera. Um detalhe mais “operacional” da minha intervenção prendeu-se com a utilização do ponteiro *laser*. Penso que me ajuda bastante na forma como me movimento em frente da turma, ao permitir que me afaste do quadro e continue a destacar algum detalhe que esteja projetado, se assim o entender. Ainda assim, nem sempre o utilizei ao longo das aulas.

Procurei estar atento a todos os alunos e estabelecer regularmente contacto visual com cada um deles. Terminei com uma agradável sensação de “missão cumprida”, principalmente porque os dois turnos aceitaram o desafio da gamificação e se estabeleceu uma dinâmica de competição amigável, pese embora esta tenha sido apenas a primeira aula.

Depois de terminar, conversei brevemente com a professora cooperante sobre a aula, tendo-me sido transmitida confiança sobre a forma como realizei a intervenção. Sugeriu também que, quando possível, é importante chamar os alunos para irem ao quadro fazer exercícios ou explicar esquemas, isto a propósito de um esquema que desenhei durante o exercício do *kahoot*. E que, quando um turno avança mais rapidamente do que outro, uma boa solução é pedir a esses alunos para, na aula seguinte, comentarem os slides que os restantes colegas ainda não ouviram, fazendo o professor de seguida as explicações necessárias.

Embora tenha abordado a questão da *classroom* no dia anterior com a professora cooperante, só disponibilizei os conteúdos apresentados após a aula com este segundo turno, para que todos estivessem na mesma situação (Figura 29).

No final do dia, abri novamente a aplicação do *kahoot*, consultei os resultados dos grupos e coloquei-os na grelha que tinha preparado para a intervenção. Outra aprendizagem que obtive nesta primeira aula foi a de como é importante registar, diariamente, todas as informações e ideias que tivermos sobre o desempenho dos alunos, ou os comentários que tivermos sobre o nosso próprio desempenho, assim como as conclusões que tirarmos sobre a forma como as aulas decorreram, precisamente como é recomendado pela literatura sobre este tema.



Figura 29 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 1

Aula 2 (11 de abril)

Duração: 50 minutos

Sumário: As causas das mutações

Escrevi o sumário no quadro, antes de os alunos entrarem. Esta foi a primeira aula com toda a turma, com um aluno a assistir via *zoom* por se encontrar doente.

A aula começou com um pedido (não planeado) de um dos alunos para sondar a turma relativamente a uma deslocação ao Jardim Zoológico. Acedi a que colocasse a pergunta a todos e recolhesse a votação. Nesse âmbito, aproveitei para destacar brevemente a importância destas instituições na preservação da diversidade genética de várias espécies, e de como a “visão” dos jardins zoológicos sobre o cuidado e bem-estar dos animais tem mudado ao longo dos anos.

De seguida, partilhei os resultados finais da votação sobre as “Questões-debate”, que vinha da aula anterior. A opção mais votada foi a “B - *Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias?*”. A partir desta escolha fiz um breve resumo dos próximos passos, destacando que serão os alunos a organizar a aula em que este tema será debatido, e que estarei à disposição da turma para ajudar na planificação da sessão.

Para que todos ficassem a par da matéria, repeti os conteúdos do final da aula do segundo turno. Tal como sugerido pela professora cooperante, para evitar que esses alunos se dispersassem, já que estavam a ouvir esta matéria pela segunda vez, pedi-lhes para que explicassem aos colegas, por palavras suas, os slides que tinham visto no dia anterior. Isto estimulou efetivamente a discussão e apelou à participação ativa desses alunos. Para evitar a monopolização das intervenções por parte dos grupos mais participativos, dei a orientação para que os comentários sobre cada *slide* partissem sucessivamente de cada um dos grupos.

Depois, apresentei um vídeo sobre o acidente nuclear de Chernobyl “*Chernobyl Disaster 1986 – O que aconteceu realmente?*”, para começarmos a conversar sobre as causas das mutações, e de como podemos diferenciar as mutações espontâneas das mutações induzidas. Como previsto na planificação inicial, o princípio subjacente a esta aula foi seguir a Metodologia BSCS 5Es” (Bybee *et al.*, 2006; Bybee, 2014), tendo o vídeo constituído o *Engage* para o tema. No final do visionamento, fiz alguns destaques

sobre o que tínhamos visto, realçando o impacto mediático e o alarme que na altura este acidente causou na Europa. A partir daqui, questionei os alunos sobre as causas das mutações, e da diferença entre mutações espontâneas e induzidas, assim como do seu impacto nos seres vivos. Neste momento da aula distribuí pelos alunos, em papel, um artigo sobre a exposição de seres humanos a agentes mutagénicos, neste caso às radiações resultantes deste acidente nuclear “*Investigation of the Relationship Between Radiation Dose and Gene Mutations and Fusions in Post-Chernobyl Thyroid Cancer*” (Apêndice C2.3). A apresentação deste caso real, e a referência a outros que estão no livro de apoio, envolvendo a ocorrência de mutações induzidas (BioFoco - 12.º ano Biologia, págs. 116 e 117), correspondeu ao *Explore*.

A seguir, no âmbito do *Explain*, apresentei o *slide kit* que tinha preparado sobre os mecanismos subjacentes às mutações espontâneas e às mutações induzidas (físicas e químicas) (Apêndice C2.1). Como nas aulas anteriores, fui lançando questões para entrarem na temática e refletirem sobre os fenómenos que poderão ocorrer no DNA quando as células são expostas a agentes mutagénicos, como as radiações ou as substâncias químicas. Perguntei por exemplo se eles acham que a replicação é muito rigorosa ou se, pelo contrário, ocorrem muitas mutações; e porque pensam dessa forma. O objetivo foi gerar discussão e reflexão de grupo.

Durante a apresentação, como surgiu uma questão sobre como a depuração poderá originar mutações espontâneas, exemplifiquei no quadro uma situação em que, durante a replicação, numa das cadeias surja um localapurínico ou abásico e quais as consequências que esse fenómeno pode trazer. Baseando-me na anterior sugestão da professora cooperante sobre este assunto, creio que esta foi uma oportunidade perdida para chamar um aluno ao quadro e fazer com ele este exercício/explicação.

Na parte final da aula, correspondendo à fase *Elaborate* da Metodologia BSCS 5Es, apresentei como trabalho de grupo (e de casa) o desafio gamificado “Análise de artigo científico sobre mutações” – Preparação de um resumo”.

Sobre este desafio, perguntei-lhes se alguma vez tinham lido este género de publicações em inglês, e percebi que nenhum deles tinha tido essa experiência. Alguns queixaram-se precisamente por estar em inglês, enquanto outros disseram que na universidade terão também de ler artigos em inglês, pelo que seria um exercício importante. Para os ajudar nesse trabalho, passei o artigo em revista, assinalando os

elementos mais importantes deste género de artigos (onde encontrar os objetivos do trabalho; como consultar as tabelas e ler os resultados; onde encontrar as limitações da investigação; o tipo de linguagem que se utiliza nas conclusões e a importância da bibliografia e da revista científica em que se está a publicar). Adicionalmente, entreguei a cada grupo uma folha com “perguntas orientadoras”, com o objetivo de os guiar nessa tarefa (Apêndice C2.4). Para além disto, o artigo que lhes entreguei tinha já um conjunto de destaques (numerados e a *bold*) dos elementos mais importantes.

•

Embora esta tenha sido a aula com mais alunos (e mais ruído), e também a aula com a duração mais pequena (50 min), senti-me à vontade, com a voz e respiração tranquilas, e com pausas. Fui também circulando pela sala para esclarecer algumas expressões ou frases do artigo. Outra das aprendizagens que obtive é que devemos estar preparados para acontecimento não previstos, como o pedido do início da aula.

No final do dia disponibilizei os novos materiais na *classroom*: o *powerpoint* da apresentação (Apêndice C2.1), a declaração universal sobre o genoma humano (Apêndice C2.2) e o artigo científico (Apêndice C2.3) (Figuras 30, 31 e 32). Dois dias depois partilhei também com a turma o simulador de mutações no DNA que tinha apresentado no final da primeira aula (Figura 33).

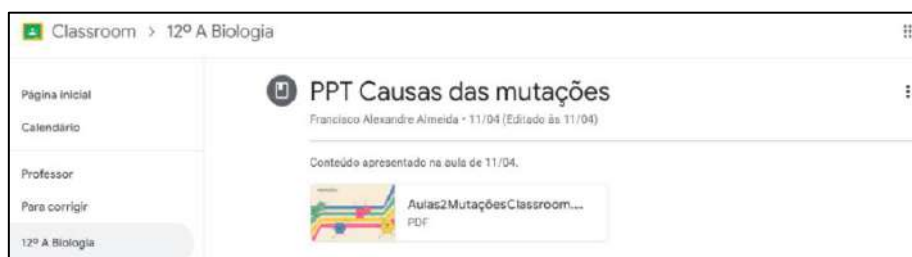


Figura 30 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 2



Figura 31 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 2- Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos



Figura 32 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 2- Artigo científico “Investigation of the Relationship Between Radiation Dose and Gene Mutations and Fusions in Post-Chernobyl Thyroid Cancer”



Figura 33 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 2- Simulador de mutações no DNA

Num artigo de 2014, Rodger Bybee revisitou o modelo dos 5Es (Bybee, 2014), refletindo e tirando conclusões para a sua utilização a partir da experiência dos últimos 25 anos. Numa das suas reflexões, analisa qual o uso mais apropriado para este modelo: uma aula? Uma unidade curricular? Um programa inteiro? O autor partilha o seu *know-how*, sugerindo que a utilização otimizada deste modelo é de duas a três semanas, com cada uma das fases do modelo a ser a base para uma ou mais aulas (com exceção do *Engage*, que deve ocupar menos de uma). Acrescenta ainda que a aplicação numa única aula reduz a eficácia de cada uma das fases e que, aplicado a um programa inteiro, perde-se também a perspetiva global e a eficiência de cada fase (Bybee, 2014). Esta reflexão constituiu para mim uma aprendizagem valiosa, já que senti que o tempo alocado à interiorização dos novos conceitos e à aprendizagem não foi totalmente explorado, visto a aplicação do modelo ter sido planeada para apenas uma aula.

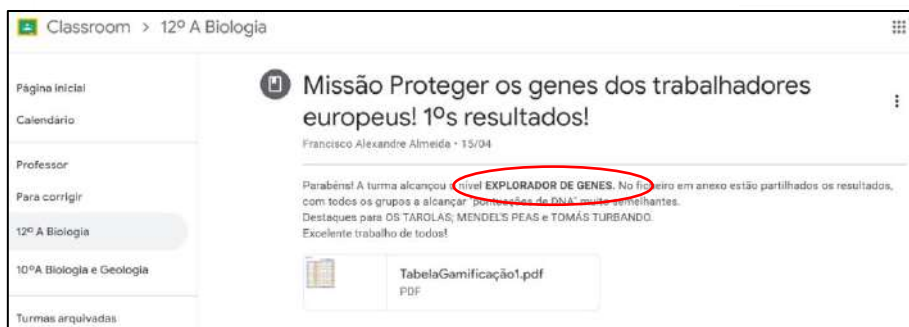


Figura 34 – Comunicação na *classroom* da turma. Resultados da Gamificação/1

Aula 3 (1º turno, 16 abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Agentes mutagénicos e ativação de oncogenes

Na semana anterior, os grupos iniciaram o percurso rumo à concretização das suas Missões, tendo alcançado o nível “Explorador de Genes” (Figura 34). No início da aula comecei por isso por fazer uns breves comentários relativamente a esses resultados, para manter o ambiente de “jogo” e a motivação em alta.

Entretanto, enquanto ia abrindo no PC a apresentação que tinha preparado, as ligações voltaram a criar problemas, com o adaptador necessário para a ligação ao projetor não disponível. Utilizei por isso o PC da professora para projetar o *slide kit*.

Depois das boas-vindas e de ultrapassados estes problemas iniciais, questionei os alunos sobre os temas que tínhamos tratado na semana passada, e de como estavam encadeados. Planeei esta introdução para fazer um breve sumário e introduzir o tema da aula: os agentes mutagénicos e a ativação de oncogenes.

Como, no final da aula anterior, os alunos disseram que não tinham experiência de ler e resumir artigos científicos em inglês, decidi, na revisão da minha planificação para esta semana, investir mais alguns minutos na discussão dos aspetos mais importantes relacionados com este género de artigos. Para começar, perguntei-lhes se já tinham começado a ler o artigo, tendo um deles referido que já o lera.

O objetivo desta parte da aula foi não apenas ajudar os grupos a fazer o resumo, mas também procurar que percebam onde podem encontrar a informação mais relevante quando estão a ler qualquer trabalho de investigação publicado em revistas científicas.

Comecei por colocar questões abertas sobre qual o contexto desta investigação, remetendo para o vídeo apresentado na aula passada; quais os objetivos da investigação; quais os critérios de inclusão dos doentes; que métodos foram utilizados para identificar as mutações; onde poderiam encontrar os resultados e, por fim, onde encontrar as conclusões dos autores. Depois, questionei os alunos sobre os detalhes deste trabalho em concreto, dando algumas orientações sobre como poderão fazer o respetivo resumo.

Para terminar esta parte da aula, questionei também os alunos sobre os elementos da “Natureza da Ciência” que este artigo revela. Para dar o mote, referi que é um exemplo de divulgação clara e aberta, e depois pedi aos alunos para identificarem outros elementos presentes nas ciências. Abordámos questões como a revisão pelos pares, a investigação a partir da cooperação e colaboração; a replicabilidade e confiança nos dados e o facto de estar sujeito a mudanças e reformulações.

Para a introdução do tema Agentes Mutagénicos e Cancro (Apêndice C3), comecei por apresentar o logotipo da Liga Portuguesa Contra o Cancro e perguntar aos alunos se conheciam o seu significado. Não conheciam, mas a questão gerou curiosidade e permitiu uma boa entrada na temática. De seguida perguntei à turma, com base nos conhecimentos sobre mutações que já adquiriram, o que consideravam estar na base do surgimento do cancro. Este foi também um momento animado de discussão, que permitiu apresentar o papel dos proto-oncogenes e dos genes supressores tumorais no controlo da divisão celular. Constatei com satisfação que alguns dos alunos menos participativos nas aulas anteriores tiveram agora mais intervenções.

O exercício sobre a Leucemia Mieloide Crónica, relativo ao papel dos oncogenes, foi o primeiro que realizei recorrendo ao livro de Biologia do 12.º ano, e o objetivo foi direcionar a atenção dos alunos para este material de apoio, realçando a sua importância, assim como permitir a discussão dentro dos grupos sem ter o docente como principal mediador das discussões. Neste momento fui circulando entre os grupos e tirando as dúvidas que surgiram. Foi uma forma diferente de gerir a dinâmica da turma. Senti, todavia, que alguns alunos aproveitaram este momento para conversar com os colegas sobre outros assuntos, e que apenas nos últimos minutos alocados ao exercício trabalharam de forma totalmente concentrada. Percebi que neste formato o professor perde algum domínio sobre a turma, já que deixa de ser o centro das atenções. Embora estes sejam alunos do 12.º ano, este exercício realça igualmente a importância de o

docente “dar tempo” à discussão, mas impor também limites, para que a resolução dos exercícios não “derrape”, já que para alguns alunos o tempo concedido nunca é suficiente.

Deixei para o final duas questões de revisão sobre a matéria que apelavam a relacionar conceitos e a aplicá-los a situações hipotéticas. Procurei, assim, concluir a aula apelando a raciocínios de nível mais elevado, e não apenas à memória imediata. Embora tenha havido discussão de qualidade, notei, todavia, que nos últimos minutos (aliás, de forma transversal, isso acontece com frequência no final das aulas) alguns alunos “desligam” e deixam de manter a concentração. Tentei por isso concluir a aula com uma questão que apelasse a raciocínios mais complexos.

•

Uma das preocupações do ensino atual é que os alunos e os professores aprendam e ensinem não apenas ciência, mas também *sobre* a ciência (Moura, 2021), sendo defendida a inclusão e comunicação dos aspetos da natureza da ciência nos currículos de ciências desde o início deste século (Lederman *et al.*, 1998). Como refere Allchin (2013), os estudantes precisam, em primeiro lugar, de aprender sobre a natureza da ciência: como é que a ciência funciona - e não funciona - e porquê. Penso que o desafio proposto nesta aula encaixou perfeitamente neste objetivo e permitiu uma visão mais holística sobre o que é fazer ciência.

Aula 3 (2º turno, 17 abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Agentes mutagénicos e ativação de oncogenes

A exemplo da aula do dia anterior, comecei por fazer uns breves comentários relativamente aos resultados da 1ª semana de gamificação (Figura 34).

Seguindo a mesma abordagem do primeiro turno, fiz igualmente o detalhe sobre o artigo científico, destacando a importância de os alunos tomarem contacto com artigos científicos como preparação para o percurso universitário, qualquer que seja o curso que venham a escolher. Perguntei também se alguém já tinha lido o artigo, mas neste turno nenhum dos alunos tinha ainda começado a leitura.

Como referi anteriormente, o facto de serem apenas nove alunos, e de já ter apresentado os conteúdos na aula anterior, torna tudo ligeiramente diferente. A aula decorre com menos ruídos, os alunos estão mais concentrados e eu, enquanto docente, sinto-me mais solto. Há maior proximidade com os alunos (nos diálogos, por exemplo) e há também mais interatividade, o que foi também visível na discussão sobre a natureza da ciência.

No desafio de grupo sobre a Leucemia Mieloide Crónica (página 120 e 121 do livro de Biologia do 12.º ano), introduzi uma variante na parte das respostas (a exemplo do que a professora cooperante costuma fazer noutros momentos): pedi a um aluno de cada grupo para ler a pergunta e escolher um dos outros grupos para responder. O grupo selecionado dava a resposta, nuns casos resposta múltipla; noutros de resposta livre, e de seguida lia a próxima questão e escolhia o próximo grupo para responder à questão seguinte, e assim sucessivamente. Apercebi-me que esta dinâmica permitiu mais interação entre os alunos, ao mesmo tempo que o professor deixou novamente de ser o centro das atenções por uns instantes. É por isso uma ideia a reter e utilizar no futuro.

Um dos *insights* que realizei a propósito desta aula esteve relacionado com uma reflexão que Nóvoa e Alvim (2021, pg. 9) realizaram sobre o ensino pós pandemia:

“Toda a educação parece reduzir-se à aprendizagem, e a uma aprendizagem mensurável: os alunos são aprendentes, as escolas são ambientes de aprendizagem, os professores são facilitadores de aprendizagem (...) No entanto, é preciso dizer que, se os seres humanos aprendem, é quase sempre porque são ensinados. Não desvalorizemos, pois, os dois termos de uma mesma equação. Sem professores, a nossa educação será muito mais pobre e limitada”.

É precisamente esse equilíbrio, entre o espaço dado aos alunos para interagirem entre si e conduzirem as suas aprendizagens, e a ação do professor enquanto alguém que ensina, que irei tentar obter na minha prática letiva. Sinto que esse objetivo será alcançado mais lenta do que rapidamente, em função do conhecimento das turmas, do ano letivo, do perfil dos alunos e do meu próprio amadurecimento enquanto docente.

Antes das questões finais para encerrar a aula, durante a apresentação dos vídeos sobre os oncogenes e os genes supressores tumorais que tinha previsto, o computador ficou sem som e a visualização acabou por ser feita dessa forma. Tentei, juntamente com a professora cooperante e um dos alunos, resolver o problema, mas não conseguimos. Essas limitações, que ocorreram mais do que uma vez, provocaram-me algum stress, pois

nunca sabia quando iriam ocorrer. A professora cooperante e os alunos estavam mais familiarizados com esta situação e ajudaram-me sempre, não atribuindo demasiada importância a estes problemas.

•

Após chegar a casa preparei o *pdf* da apresentação utilizada na aula número 3 da intervenção e disponibilizei-a na *classroom* da turma (Figura 35).



Figura 35 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 3

Aula 4 (18 abril)

Duração: 50 minutos

Sumário: Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

Voltaram a ocorrer atrasos no início da aula, neste caso devido aos pagamentos que os alunos tiveram de fazer para uma visita de estudo. Enquanto aguardava que fizessem o pagamento à professora cooperante, vou sentindo que, por esta altura das intervenções, a sala já me é familiar, e o estar na posição do professor também, o que contribui para tornar toda a experiência mais natural.

Esta foi a primeira aula com a atividade “Take Home Messages”, neste caso com o grupo “Mendel’s Peas” a fazer o resumo da 1ª aula. Os alunos deste grupo tinham-me pedido anteriormente se poderiam utilizar os *slides kits* que tenho disponibilizado na *classroom* da turma, tendo eu dado total liberdade para o fazerem. Estava com curiosidade para ver como é que o grupo iria fazer o resumo em 5 minutos. Os alunos optaram por utilizar o quadro e alguns apontamentos que tinham feito, tendo lido os tópicos desse resumo e desenvolvido brevemente por palavras suas. Como a turma já se conhece bem e existe um bom ambiente, não houve nervosismos. Apesar de terem cometido algumas imprecisões ao longo da apresentação, apenas intervimos quando solicitaram apoio, para

não quebrar o ritmo e a liderança da intervenção, tendo feito os comentários e esclarecimentos no final. Quando terminaram, a turma deu uma salva de palmas aos colegas e estes voltaram às suas secretárias visivelmente satisfeitos. Todavia, o grupo esteve apenas centrado na sua comunicação e não interagiu com o resto da turma, tendo também ultrapassado largamente os 5 minutos previstos. Para além disso, apenas dois dos três elementos participaram ativamente, e esse será um ponto que irei abordar com o grupo na próxima aula.

Como esta foi a última aula em que estariam juntos todos os alunos da turma antes das aulas com as convidadas, preparei alguns slides para ajudar a enquadrar a especialidade de Anatomia Patológica na organização de um hospital, e apresentei brevemente o trabalho que estes profissionais desempenham nestas instituições. O objetivo foi o de facilitar a preparação das perguntas que me deveriam enviar previamente.

Levei também alguns livros sobre genética e disponibilizei-me para os emprestar aos grupos que estivessem interessados (nomeadamente para preparar a discussão “Discussão - debate” da aula 12). De uma forma geral mostraram muito interesse, os livros passaram pelas mesas e acabaram por ficar com alguns deles.

Apresentei de seguida os conteúdos sobre vírus oncogénicos que tinha preparado (Apêndice C4). Sempre que apresento novos conteúdos, coloco algumas questões sobre os temas que abordámos na aula anterior. Neste caso, referindo que as mutações génicas não são a única causa de cancro. Os oncovírus, ou vírus oncológicos, podem também induzir o desenvolvimento de tumores cancerígenos. À luz dos conhecimentos que obtiveram até agora, perguntei se conseguiam encontrar uma explicação para esse facto. Depois de algumas propostas de explicação, aproveitei as intervenções dos alunos para aprofundar o conteúdo, falando na capacidade que os vírus podem ter de alterar o ciclo normal das células infetadas, e também da possibilidade de serem transportadores de oncogenes. A seguir expliquei o caso do HPV e apresentei o desafio que tinha preparado para esta aula (atividade da página 124, do livro BioFoco 12.º de Biologia). A resolução em grupo deste exercício levou-nos até ao final da aula, tendo pedido sucessivamente a cada grupo para ler uma pergunta e responder, e depois escolher um outro grupo para ler e responder à questão seguinte, a exemplo do que aconteceu na aula anterior. Quando as respostas eram dadas, perguntei se todos concordavam com a escolha e, caso isso não

acontecesse, pedia a quem tinha outra opção para a apresentar e dar a sua explicação. No final validava a escolha correta e reforçava a explicação.

•

Para além da planificação das questões a colocar no início e durante a aula, tenho-me apercebido que é importante preparar igualmente algumas questões para o final da aula, que permitam gerir o tempo sem avançar com novos conteúdos. Essa preparação permite não apenas desafiar os alunos a participar nos últimos minutos das aulas, como também, como referido, porque a dimensão dos dois turnos é substancialmente diferente.

De seguida, disponibilizei na *classroom* a apresentação da aula desse dia (Apêndice C4) (Figura 36) e preparei a comunicação sobre os resultados da gamificação. Na segunda semana, os grupos continuaram a acumular pontos, tendo atingido o nível “Mestre de DNA!” (Figura 37).



Figura 36 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 4

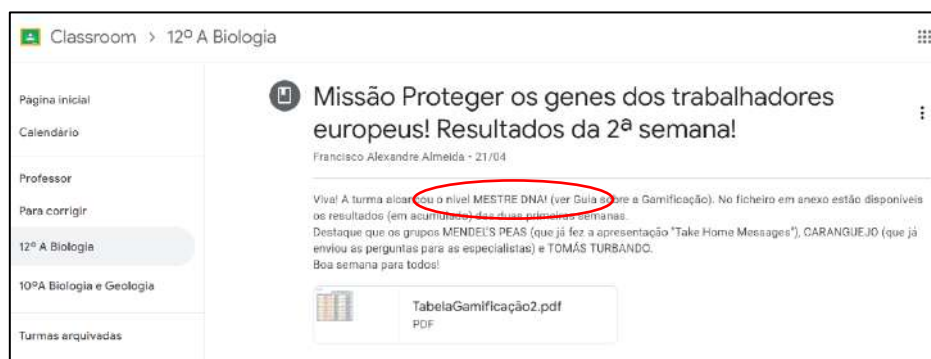


Figura 37 – Comunicação na *classroom* da turma. Resultados da Gamificação/2

Aula 5 (1º turno, 23 abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Mutações cromossómicas Estruturais e Numéricas

Em virtude de estar a decorrer a Semana da Ciência, com a turma do 10º ano a receber alunos do 4.º ano de escolas da região, a sala onde habitualmente decorre a aula do 12.º foi alterada para outra, no 2º piso do edifício (sala 211).

Na semana anterior tinha comprado os materiais que os alunos iriam utilizar nesta aula: cartolinas, cola e tesoura. A professora cooperante disponibilizou mais dois tubos de cola para facilitar o trabalho dos grupos e evitar atrasos. Tinha também preparado os recortes com as frases relativas a cada uma das mutações cromossómicas que os alunos iriam trabalhar: mutações cromossómicas estruturais (Deleção, Duplicação; Inversão e Translocação) e numéricas (aneuploidias e poliploidias) (Apêndice C5).

Como estive a dar apoio às atividades da Semana da Ciência, não cheguei à sala com a antecedência que gostaria. Por esse motivo, quando os alunos entraram estava ainda a distribuir os materiais pelas mesas, tendo sido ajudado por alguns deles nessa tarefa.

Comecei a aula apresentando o desafio que iríamos realizar: cada grupo deveria organizar os textos de forma a “contarem uma história”, e de seguida colá-los na cartolina, que serviria depois como poster para apresentar aos colegas dos restantes grupos. Acrescentei que, caso quisessem, poderiam igualmente consultar o livro da disciplina. O objetivo era que todos ouvissem as apresentações e estivessem expostos à informação sobre os vários tipos de mutações. Após conversar com a professora cooperante, combinámos que, no final da aula, faria um resumo de todos os trabalhos, para clarificar alguns detalhes das apresentações e tirar as dúvidas que pudessem existir.

Apesar da dinâmica da aula ter sido positiva, e de os alunos terem participado ativamente no desafio proposto, existiram diferenças marcadas entre o tempo que cada grupo levou a preparar o trabalho, sendo alguns mais rápidos do que outros. Adicionalmente, num dos grupos dois alunos revelaram uma atitude desinteressada, começando a consultar o telemóvel e deixando aos colegas a maior parte do trabalho. Falei com eles e pedi-lhes para estarem mais envolvidos nas atividades, mas passados uns minutos voltaram ao mesmo comportamento.

Em termos de gestão do tempo, os primeiros 50 minutos foram dedicados à organização dos textos e às colagens. Enquanto estiveram a trabalhar, fui circulando pelas mesas e conversando com os alunos, esclarecendo dúvidas e validando as suas opiniões relativamente à melhor forma de fazer a apresentação.

Na segunda parte da aula os grupos começaram as apresentações: os dois grupos que terminaram mais cedo elegeram um “porta-voz” e esse elemento foi fazer a apresentação ao outro grupo. Entretanto, os outros dois grupos também terminaram os seus trabalhos, pelo que a partir desse momento cada grupo levantava o seu cartaz, os restantes colegas da turma aproximavam-se e todos ouviam a apresentação. Como habitualmente, alguns grupos têm elementos que se sentem muito à vontade, pelo que alargaram as suas intervenções, enquanto outros apenas leram o que estava no poster, e fizeram-no de uma forma relativamente rápida. Ou seja, algumas das exposições levaram bastante mais tempo do que outras, e a qualidade foi também desigual. Apesar disso, decidi não fazer interrupções já que, em especial num dos grupos, os alunos estavam muito satisfeitos com o seu trabalho e com a exposição que fizeram. Uma das minhas preocupações era a de que todos fossem expostos a todos os conteúdos, e isso foi alcançado. Gostaria, todavia, de ter tido a oportunidade de realizar a intervenção final sobre esta matéria, o que não consegui por falta de tempo.

Para a aula do dia seguinte tentei ir mais cedo para a sala, para ter tudo preparado quando a turma entrar, e vou fazer a intervenção-resumo imediatamente após cada apresentação, para garantir que não ficam dúvidas.

Como planeado, esta foi uma aula em que não projetei slides, centrando a aula exclusivamente no trabalho dos alunos. Primeiro na pesquisa e organização dos conteúdos, e depois na preparação e comunicação desse trabalho aos colegas. Nestes casos, como são os alunos a fazer as apresentações, nunca surgem comentários ou questões. Mas causa também grande satisfação perceber que os cenários mentais que criei sobre as várias formas de fazer as apresentações são “ultrapassados” e que há sempre formas inovadoras de criar e apresentar os trabalhos.

•

Procurei ter presente ao longo desta aula, assim como das restantes, o enquadramento curricular da minha planificação (pg. 34), nomeadamente o eixo “Conteúdos” – “Aprendizagens essenciais” – “Ações estratégicas de ensino orientadas

para o perfil dos alunos”. Neste caso, promovendo estratégias que envolvam a criatividade dos alunos e a expressão criativa das aprendizagens. E, de uma forma mais global, trabalhando as competências propostas no PASEO. Nesta aula 5, como planeado, o foco foi o “Relacionamento Interpessoal”: os alunos devem ser capazes de trabalhar em equipa e usar diferentes meios para comunicar presencialmente e em rede; e a “Informação e Comunicação”: os alunos devem ser capazes de colaborar em diferentes contextos comunicativos, de forma adequada e segura, utilizando diferentes tipos de ferramentas (analógicas e digitais), com base nas regras de conduta próprias de cada ambiente”.

Aula 5 (2º turno, 24 abril)

Duração: 100 minutos

Sumário: Mutações cromossómicas Estruturais e Numéricas

Entrei na sala imediatamente após a aula anterior ter terminado e preparei tudo, de forma que, quando os alunos chegaram, todos os materiais estavam distribuídos. Arranjei também mais tesouras – uma por grupo – para que ninguém tivesse de esperar.

A aula começou com dois grupos a fazerem as suas intervenções “Take Home Messages” referentes à 2ª e 3ª aulas, tendo ambos preparado apresentações em *powerpoint* bastante detalhadas e cobrindo todos os conteúdos que tinham sido apresentados (ou seja, não fizeram propriamente um resumo do que consideraram mais importante). Os slides estavam, todavia, muito bem elaborados e revelaram cuidado na preparação. Também a participação dos vários elementos dos grupos foi equilibrada, com todos os elementos a intervirem mais do que uma vez. Foi muito interessante verificar como, quando colocados no papel de “docentes”, exigiram aos colegas total silêncio antes de iniciarem as suas intervenções. “Então pessoal? Vamos fazer a nossa apresentação!”. Embora tenha optado por não fazer interrupções, os alunos estiveram essencialmente a olhar para mim durante as suas intervenções, procurando o reforço sobre o que estavam a dizer ou à espera de qualquer correção, se necessário. Apesar desta intenção, acabei por fazer breves apontamentos de reforço ou correção aos longo das apresentações, procurando, no entanto, não perturbar o fluxo da comunicação. No final todos bateram palmas e eu, para além dos elogios, agradei também o trabalho realizado.

De seguida apresentei o trabalho que os grupos iriam fazer, enquadrando-o nos conteúdos que estávamos a estudar. Como os materiais já estavam nas mesas, os alunos começaram logo a analisá-los e a organizar os textos.

A exemplo de aulas anteriores com o 2º turno, a gestão do tempo foi mais fácil. Durante o tempo em que os grupos estiveram a trabalhar fui circulando e conversando com os alunos, juntamente com a professora cooperante. Quando terminaram os posters afixei-os numa das paredes da sala, juntámo-nos todos em círculo e os alunos fizeram as suas apresentações. Como os textos distribuídos incluíam questões preparadas para os grupos fazerem, houve também uma interação no final de cada apresentação. A professora cooperante colocou igualmente questões e realçou alguns aspetos das aneuploidias. Houve tempo para todos os grupos fazerem as suas apresentações.

•

Entretanto, durante esta semana, corriji os trabalhos referentes ao artigo científico em que os grupos estiveram a trabalhar. Alguns entregaram-nos em mão, enquanto outros os enviaram por email. Foi interessante o contacto com essa outra faceta do trabalho dos docentes: a correção e avaliação de trabalhos realizados fora da sala de aula. Embora tenha criado uma grelha de avaliação que partilhei com os alunos (sob a forma de “Pontuação de DNA”; Apêndice C2.4), ainda assim senti dificuldade em atribuir uma avaliação aos trabalhos realizados, e reduzir a um “número” essa avaliação. Optei por fazer correções nos textos enviados (no caso de incorreções científicas) e, no final, acrescentar alguns comentários mais genéricos (exemplos: colocar um título ao trabalho; formatar o texto e corrigir erros ortográficos. Referi igualmente que alguns termos e frases estavam em português do Brasil e que deveriam ter atenção a esses detalhes). Tendo em conta que o artigo se encontrava em inglês e que os alunos não tinham experiência prévia na realização deste tipo de exercícios, de uma forma geral os trabalhos estavam bons, embora alguns não tenham seguido as orientações fornecidas.

Posteriormente, disponibilizei na *classroom* os materiais que foram utilizados pelos alunos para preparem os posters da aula 5 (Figuras 38, 39 e 40) e dei os parabéns à turma pela forma como têm participado nas aulas. Adicionalmente, informei que nesta terceira semana todos os grupos alcançaram o nível “Guardião do Genoma” (Figura 41).

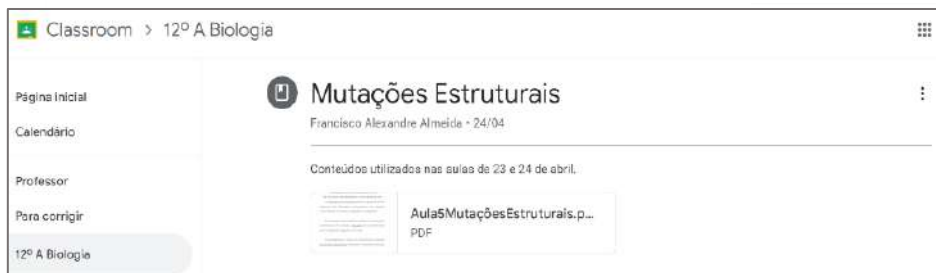


Figura 38 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 5 – Mutações Estruturais



Figura 39 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 5 – Poliploidias

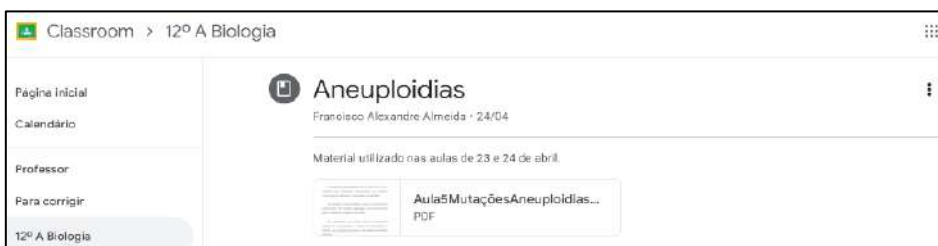


Figura 40 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 5 - Aneuploidias

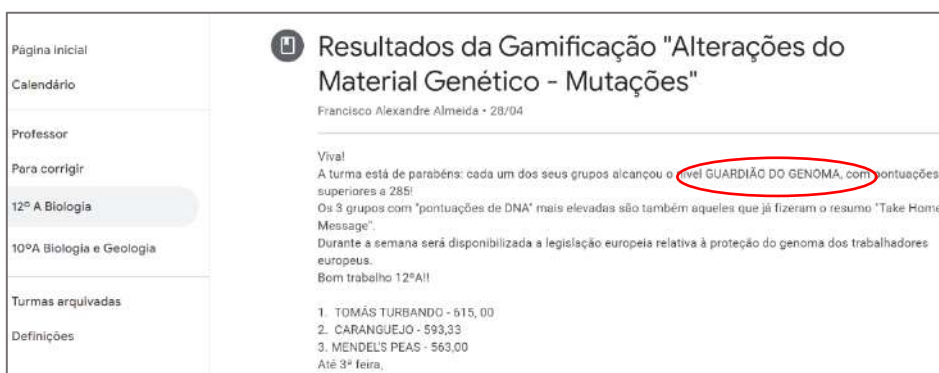


Figura 41 - Comunicação na *classroom* da turma. Resultados da Gamificação/3

Aula 6 e 7 (30 abril e 2 de maio)

Duração: 100 + 50 minutos

Sumário: Sessões, com convidadas externas, sobre genética, mutações e cancro

Esta e a próxima aula foram as duas que mais tempo me levaram a planear, visto envolverem a presença de convidados. Comecei por identificar duas especialistas que trabalham com mutações, realizar os primeiros contactos por telefone e por e-mail, e partilhar os objetivos que pretendia alcançar. Naturalmente, avalei também o seu interesse em participar e a suas disponibilidades para os dias previstos para estas aulas. Felizmente as duas especialistas aceitaram de imediato e disponibilizaram-se a ir presencialmente à escola (em vez de realizarmos sessões via *zoom*). Ao longo desta preparação, e especialmente a partir do momento em que as profissionais aceitaram os convites, coloquei a professora cooperante com conhecimento nos e-mails que troquei, para tivesse acesso a toda a informação.

Como temos estudado ao longo do mestrado, esta ligação da escola à sociedade tem um impacto muito positivo nos alunos e, simultaneamente, é também enriquecedora para os convidados. Entre outros motivos, porque estas presenças ultrapassam a dimensão relacionada especificamente com a aprendizagem de Biologia, expondo os alunos aos percursos profissionais dos convidados, às dificuldades e sucessos que vão pautando o seu dia-a-dia e à realidade do trabalho interdisciplinar numa grande organização (neste caso, num hospital). E, dessa forma, abrindo horizontes para a reflexão dos alunos, especialmente importante num momento (o 12.º ano de escolaridade) em que estão a tomar decisões em áreas muito importantes das suas vidas.

Para rentabilizar estas deslocações, um dos desafios da gamificação passou por, em equipa, cada grupo enviar previamente 3 questões a colocar a cada uma das convidadas. O objetivo foi desafiar os grupos a refletir sobre os temas que poderiam explorar na aula com as especialistas. Esse trabalho de reflexão prévio, aliado à natural dinâmica que surge durante a aula, revelou-se acertada, acrescentando valor a estas sessões.

Por outro lado, procurei que as convidadas conhecessem em detalhe os conteúdos programáticos que os alunos estão a estudar, para garantir que as suas intervenções

estivessem enquadradas nesses conteúdos, embora enriquecidas pela perspetiva das suas vivências profissionais.

Em termos logísticos, garanti a disponibilidade de uma sala para receber toda a turma (mudámos da habitual sala para um outro laboratório, de maiores dimensões); informei os alunos do 2º turno da mudança da aula (visto que apenas teriam a aula no dia seguinte) e assegurei que teríamos o número de microscópios necessários para a realização das observações (já que iríamos fazer observações de preparações definitivas de tecidos sãos e de tecidos com mutações). Como em muito outros momentos ao longo deste estágio, tenho a agradecer à professora cooperante o seu apoio e orientações para que tudo corresse bem.

Ambas as convidadas chegaram à hora prevista, 20 minutos antes do início da aula. Nesse período, tive oportunidade de lhes apresentar brevemente a escola, a sala dos professores de Biologia e Geologia e, para a aula de 30 de abril, de preparar os microscópios no laboratório.

Antes de iniciarem as suas intervenções, comecei por fazer um agradecimento “público” a cada uma das convidadas, em meu nome, em nome da escola, e em nome da professora cooperante, não só por terem aceite estes convites, como também por se terem deslocado à escola e, de seguida, passei-lhes a palavra.

O sucesso destas sessões está dependente de muitos fatores, em especial do perfil das convidadas e do à-vontade com que estão em frente a uma plateia. Neste caso ambas correram muito bem.

No primeiro caso a apresentação decorreu de forma informal (aproximadamente durante 40 minutos), acompanhada de muitos comentários sobre o seu percurso profissional e do seu dia-a-dia no hospital. O facto de os alunos terem refletido previamente sobre esta sessão, e preparado várias questões, fez com que as perguntas fossem surgindo naturalmente ao longo da apresentação: algumas previamente preparadas e outras espontâneas, como resultado do diálogo que se vai estabelecendo. Esta dinâmica manteve-se mesmo durante o intervalo, pelo que foi uma sessão contínua. Os últimos 30 minutos foram dedicados à observação das preparações definitivas, com a convidada a circular entre os vários microscópios e a dar breves explicações sobre os tecidos saudáveis ou com mutações que estavam a ser observados. No final da aula

ficaram ainda alguns alunos a conversar informalmente comigo, com a professora cooperante e com a convidada.

A exemplo da primeira convidada, a sessão do dia 2 de maio decorreu igualmente de uma forma muito informal. Numa avaliação estritamente pessoal, penso que a segunda sessão teve um impacto maior nos estudantes, tendo para isso contribuído o formato da sessão, com a aula dividida em duas partes. Na primeira parte foi apresentando o vírus do papiloma humano (HPV) e as respetivas características moleculares e, na segunda, um exercício designado “Mitos vs. Factos”, com a convidada a apresentar frases sobre o HPV em que os alunos teriam de escolher se as mesmas eram mitos ou factos. O que contribui para esse maior impacto prendeu-se com a natureza das frases selecionadas, muito ligadas a aspetos relacionados com a sexualidade, o risco de contágio e a importância da vacinação. O facto de se terem mostrado algumas imagens da doença contribuiu também para essa maior sensibilização, tendo gerado um intenso momento de perguntas e respostas.

•

Como refere Nóvoa (2004, pg. 3), hoje “impõe-se uma abertura do professor para o exterior, uma conceção da escola como um espaço aberto, em ligação com outras instituições culturais e científicas”. O convite a estas especialistas inseriu-se precisamente neste *mindset*, podendo estas iniciativas ser planificadas com outros professores de Biologia do 12.º ano ou, dependendo da temática, ser enquadradas em atividades multidisciplinares.

Outro *insight* que retiro desta iniciativa é a de como será importante sistematizar a sua utilização e torná-la património da escola. De acordo com Figueiredo (2021, pg. 254), a escola deverá possuir “um repositório crescente de conteúdos, um acervo crescente de práticas regulares e toda uma cultura de partilha que ligue professores, alunos, encarregados de educação, escola e sociedade”. É uma oportunidade perdida de enriquecer a escola se estas iniciativas não forem guardadas (por exemplo os contactos institucionais e individuais dos envolvidos) e se perderem quando o professor que as iniciou sair *daquela* escola. Há património imaterial que deve ser acumulado e não é obrigatório começar “tudo de novo”, ano após ano.

A exemplo das semanas anteriores, no final da semana disponibilizei na *classroom*, com a autorização das convidadas, os materiais que foram por elas utilizados nas suas intervenções (Figuras 42 e 43).



Figura 42 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 6- O cancro



Figura 43 – Comunicação na *classroom* da turma. Conteúdos da aula 7- HPV

Aula 8 (1º turno, 7 de maio)

Duração: 100 minutos

Sumário: Trabalhos de Grupo “Missão: proteger os genes dos trabalhadores europeus!”

A aula começou com um breve *feedback* sobre as sessões realizadas na semana anterior. Para além da satisfação sobre a forma como as duas aulas decorreram, aproveitei para referir que a convidada que veio fazer a apresentação sobre HPV se disponibilizou para esclarecer, por e-mail, quaisquer questões que os alunos tivessem sobre esta matéria. Alguns alunos mostraram-se interessados em receber mais informações. Este foi um dos

importantes *insights* que obtive sobre esta intervenção: com atividades desta natureza, construindo pontes entre a escola e a sociedade, os professores conseguem fazer a diferença na vida dos estudantes (neste caso para a prevenção de uma infeção), e melhorar ou valorizar as suas perceções sobre a importância da Ciência.

De seguida, um dos grupos fez a sua apresentação “Take Home Messages”, neste caso sobre os vírus oncogénicos ou causadores de cancro. Por dificuldades em estabelecer a ligação com a rede de internet da escola, que os alunos pretendiam utilizar, perdemos alguns minutos. A solução passou por utilizar a rede particular de um deles. A exemplo de outros grupos, foi uma sessão construída à volta de uma apresentação *powerpoint*, com todos os elementos do grupo a intervir. Também aqui, sentiu-se muito bem a importância que os alunos deram ao seu trabalho, pedindo aos colegas para que fizessem silêncio durante a intervenção. O grupo preparou também um *kahoot* que utilizou no final da apresentação, para testar se os colegas tinham assimilado a revisão desta matéria. Foi algo inesperado e muito bem aceite pela turma. Mais interessante, o comportamento de alguns dos alunos deste grupo mudou durante o resto da aula, mostrando maior interesse e envolvimento nos trabalhos que realizámos. A única “desvantagem” é que toda esta intervenção levou cerca de 20 minutos, bem para além do que tinha previsto.

Depois destas intervenções, apresentei o desafio da aula: Concretizar a missão que tinha sido apresentada na primeira aula “Está nas tuas mãos proteger os genes dos trabalhadores Europeus!” (Apêndice D). Para isso tinha preparado os documentos que os grupos iriam utilizar, nomeadamente a legislação nacional e europeia sobre o combate ao tabagismo e sobre a proteção dos genes dos trabalhadores europeus.

A documentação que serviu de base aos trabalhos foi a seguinte:

Sobre a proteção vs. agentes cancerígenos:

- Diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004 relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0037> (última consulta a 24/06/2024).
- Beating cancer: Commission proposes improved protection for workers Brussels, 22 September 2020 How are workers currently protected against cancer-causing chemicals under EU legislation? https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1690 (última consulta a 24/06/2024).

Sobre o tabagismo:

- Lei n.º 37/2007 de 14 de agosto - Aprova normas para a proteção dos cidadãos da exposição involuntária ao fumo do tabaco e medidas de redução da procura relacionadas com a dependência e a cessação

<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/37-2007-636938> (última consulta a 24/06/2024).

- Documento “Regras mais rigorosas da União Europeia sobre o tabaco | EUR-Lex (europa.eu)”
<https://eur-lex.europa.eu/PT/legal-content/summary/tighter-eu-rules-on-tobacco.html> (última consulta a 24/06/2024).
- Documento “Geração sem Tabaco até 2040 – SNS”
<https://www.sns.gov.pt/noticias/2023/05/11/geracao-sem-tabaco-ate-2040-2/> (última consulta a 24/06/2024).

Dois grupos debruçaram-se sobre a legislação referente ao tabagismo e dois grupos sobre os cuidados com produtos mutagénicos. Depois de uma explicação inicial para toda a turma e da distribuição dos materiais, os grupos começaram a trabalhar nas suas apresentações e fui circulando entre os grupos, esclarecendo dúvidas e lançando questões para refletirem. Nomeadamente, para fazerem a ligação entre esta legislação e a questão dos agentes mutagénicos e causadores de cancro que estiveram a estudar; e de como deveriam desenvolver uma opinião crítica sobre a documentação que estavam a ler e sobre o consumo de tabaco.

Par a realização desta atividade envie previamente uma mensagem via *classroom* para que cada grupo trouxesse um computador portátil (Figura 44).

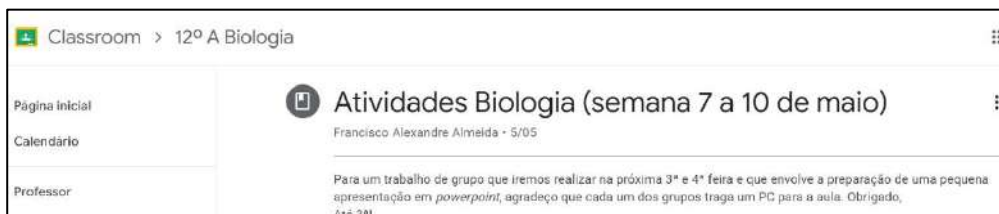


Figura 44 – Comunicação na *classroom* da turma. Preparação das aulas seguintes

Embora os grupos tenham estado empenhados na atividade, não conseguiram terminar os seus trabalhos (*slide kits*), tendo ficado decidido que fariam as suas apresentações na aula da próxima 5ª feira.

Para terminar esta aula (últimos 5 minutos), apresentei uma pequena animação da *Pixar* designada “Float” e que serviu para terminar a parte referente aos conteúdos científicos que tinha preparado para a turma. O objetivo foi deixar uma mensagem de respeito e aceitação da diferença entre os seres humanos.

Aula 8 (2º turno, 8 de maio)

Duração: 100 minutos

Sumário: Trabalhos de Grupo “Missão: proteger os genes dos trabalhadores europeus!”

A exemplo da aula do dia anterior, comecei também aqui por fazer um breve *feedback* sobre as sessões com as especialistas, informando igualmente que a convidada que veio fazer a apresentação sobre HPV se disponibilizou para prestar esclarecimentos adicionais a qualquer aluno que o pretenda.

Depois desta referência inicial, o grupo “Butterfly” realizou a sua apresentação “Take Home Messages” (a última do 2º turno) e, de seguida, apresentei o desafio previsto para a aula. Com base em todo o conhecimento adquirido sobre mutações, e com a documentação que lhes iria entregar de seguida, cada grupo deveria preparar uma apresentação com um mínimo de sete slides sobre a missão que lhe foi atribuída, incluindo uma reflexão crítica sobre o tema. De seguida distribui o conjunto de documentos sobre o combate ao tabagismo e sobre a proteção dos genes dos trabalhadores europeus, e esclareci algumas dúvidas que surgiram.

Dois grupos debruçaram-se sobre a legislação referente ao tabagismo e um sobre os cuidados com produtos mutagénicos. Também aqui fui circulando entre os grupos, fazendo perguntas sobre os aspetos mais importantes destas legislações, e realçando que os grupos deveriam refletir de forma crítica sobre o que ela representa. Acompanhei os grupos em aspetos como a escolha dos *templates* para a apresentação *powerpoint* (os três grupos recorreram à versão gratuita do programa *Canvas*, revelando que já exploram este programa com facilidade); a escolha da informação mais relevante e a organização dos conteúdos nos slides. Apesar deste turno ser mais pequeno e de todos os elementos dos grupos participarem ativamente, sinto que a gestão do tempo não é otimizada (a urgência de terminar só chega quando a aula se aproxima do final, e quando isso acontece o tempo disponível já não é suficiente). Como esta situação já tinha ocorrido no turno anterior, estabeleci *checkpoints* ao longo da aula, mas sem muito sucesso. De uma forma geral, os grupos organizaram-se com um elemento a preparar o *template* da apresentação, enquanto os restantes iam analisando os documentos e selecionando os conteúdos mais relevantes a incluir. Foi com esses que mais interagi, ora questionando sobre o que consideravam

mais importante, ora propondo a leitura específica de determinados excertos da legislação.

Aula 9 (9 de maio)

Duração: 50 minutos

Sumário: Apresentações das Missões dos grupos – Proteger os genes dos trabalhadores europeus! (continuação)

Apesar do tempo disponibilizado para realizar esta atividade em sala percebi, no entanto, que a maioria dos grupos teve ainda trabalho de casa para concluir as suas apresentações. Como tínhamos combinado, esta foi uma aula inteiramente dedicada às apresentações dos grupos, tendo, todavia, começado com duas apresentações “Take Home Messages” (grupos “João e Companhia” e “Tarolas”).

Como a legislação europeia relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho é bastante detalhada, cada grupo acabou por destacar diferentes aspetos da mesma. Os principais destaques foram as obrigações das entidades patronais; o que fazer em caso de exposição; as medidas de higiene e proteção individuais; e a formação e informação dos trabalhadores. Todos os grupos cruzaram esta legislação com as indústrias em que esses agentes cancerígenos e mutagénicos são utilizados, e com o número de potenciais trabalhadores em risco. As principais indústrias onde esse risco existe, descritas na legislação europeia, são as associadas a refinarias, fundições, fabrico de borracha, fabrico de equipamentos eletrónicos e computadores, e de baterias, entre outras.

No final de cada apresentação fiz alguns destaques, nomeadamente de como a legislação europeia é importante e protege todos os cidadãos europeus, já que é comum a todos os países, e de como os empresários destas áreas devem estar atentos à mesma.

•

No dia seguinte enviei a tabela gamificação referente às semanas 4 e 5, com os resultados acumulados por grupos, o ranking com os três primeiros classificados e a referência a que todos tinham alcançado o nível “Herói Genético” (Figura 45).



Figura 45 – Comunicação na *classroom* da turma. Resultados de gamificação/4

Aula 10 (1º e 2º turno, 14 e 15 de maio)

Duração: 100 minutos

Sumário: Apresentações dos Posters Individuais Mutações – Engenharia Genética

Estas duas aulas foram inteiramente dedicadas às apresentações dos posters individuais sobre “Mutações e Engenharia genética”, para as quais os alunos deveriam ter seguido as orientações de um documento previamente disponibilizado pela professora (Apêndice E). Alguns alunos enviaram os seus trabalhos por e-mail para a professora, pedindo feedback e fazendo melhorias, enquanto outros entregaram-nos em mão no início da aula (que também era aceite). Um dos alunos não entregou o poster. A professora cooperante deu a este aluno a possibilidade de apresentar o seu trabalho no dia seguinte, juntamente com os colegas do 2º turno.

Todos os alunos mostraram a versão em papel dos seus posters e a projetarem-nos também em *powerpoint*. No final de cada apresentação foi primeiro pedido um *feedback* aos colegas de turma, seguido dos comentários da professora cooperante e dos meus comentários. Como é frequente em muitas turmas, os alunos não fizeram comentários (positivos ou negativos) aos colegas, apenas batendo palmas no final de cada apresentação. Depois da intervenção da professora cooperante, partilhei com os alunos a minha avaliação. Em todos os casos, comecei por elogiar os aspetos positivos das apresentações, quer fosse a forma segura como foi feita, a qualidade visual do poster ou a clareza dos textos. Depois destes elogios – e todos os trabalhos os tiveram – assinali as áreas de melhoria. Procurei não apontar mais do que dois ou três tópicos por aluno, para não “desequilibrar” o *feedback* e criar uma sensação de trabalho com pouca

qualidade. Também por isso, e embora os comentários fossem individuais, fiz essas observações de uma forma geral, utilizando expressões como “Quando fizerem o vosso próximo poster, estejam atentos a este pormenor (descrevendo-o) que, se for alterado, poderá melhorar em muito a qualidade do trabalho”. Ou seja, procurei ter uma abordagem didática e construtiva que se possa traduzir em aprendizagens que ultrapassam o conteúdo científico deste desafio.

Aula 11 (16 de maio)

Duração: 50 minutos

Sumário: Apresentações dos Posters Individuais Mutações – Engenharia Genética (conclusão). Apresentações das Missões dos grupos – Proteger os genes dos trabalhadores europeus!

Como as aulas anteriores não foram suficientes para que todos conseguissem apresentar os seus trabalhos, esta aula começou com os dois últimos alunos a fazer as suas apresentações. Um aluno não apresentou poster nem fez apresentação.

A exemplo das aulas anteriores, a professora cooperante fez comentários individuais no final. Como conclusão, fiz uma reflexão sobre a importância das apresentações em público, destacando os pontos fortes e as áreas de melhoria dos trabalhos realizados. Para isso utilizei o último poster apresentado, que estava ainda projetado em *powerpoint*. Dirigi-me ao aluno e disse-lhe que iria utilizar o seu trabalho para fazer esses comentários finais, mas que os mesmos se dirigiam a toda a turma. O aluno concordou e fez então essas considerações.

Este foi também um importante momento de coordenação entre mim e a professora cooperante, tendo sentido total abertura da docente para fazer intervenções após os seus comentários. Depois deste momento, que na prática correspondeu a terminarmos a aula anterior, os grupos prepararam-se para apresentar os seus trabalhos sobre as missões.

Nota: já depois da aula, recebi da professora cooperante um *feedback* sobre a forma como me referi aos posters que os alunos realizaram. Indicou que, nos comentários gerais, não deverei dizer “todos os trabalhos estavam bons” (como fiz), já que isso pode criar a percepção de que todos irão obter uma boa classificação, o que não acontecerá visto existirem diferenças de desempenho.

Com exercício para treinar a avaliação deste género de trabalhos, a professora cooperante propôs-me que fizesse a classificação dos trabalhos apresentados. A grelha que construí para esse efeito e as classificações atribuídas encontram-se no ponto 3 do capítulo IV- Resultados e Análise.

Senti que é difícil avaliar trabalhos, e de como é importante seguir sempre os critérios definidos inicialmente. Para ser o mais justo possível, fiz a avaliação ao longo de um dia, abrindo os ficheiros com os posters que a professora cooperante me enviou e revendo as anotações que tinha tirado durante as aulas. Ainda assim, depois de ter terminado as avaliações, fiz uma revisão geral e ajustei a pontuação nos parâmetros de alguns trabalhos.

Aula 12 (1º turno, 21 de maio)

Duração: 100 minutos

Sumário: Apresentações das Missões dos grupos – Proteger os genes dos trabalhadores europeus! (conclusão). Apresentação dos resultados da Gamificação. Discussão da questão debate e recolha de feedback escrito.

Esta foi a última aula da minha intervenção neste turno. Um dos grupos apresentou ainda a sua missão, mas não apresentou a reflexão crítica que foi solicitada.

Ao longo das últimas aulas fui conversando informalmente com os alunos para saber se tinham discutido algumas ideias para a sessão debate, mas o *feedback* que recebi foi a de que tinham realizado vários trabalhos ao longo do último mês e por isso não tiveram tempo para preparar a aula. Tendo percebido que isso iria acontecer, preparei uma apresentação com slides e textos relacionados com a edição génica, para lançar a

discussão sobre o tema que tinha sido escolhido na primeira aula “*Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias*”? (Apêndice C6).

Antes, todavia, apresentei os resultados da gamificação “até à data”, e dei os parabéns a toda a turma, em particular aos três grupos que obtiveram as melhores pontuações.

Os textos selecionados foram os seguintes:

- Declaração Universal sobre o Genoma humano e os Direitos Humanos. <https://gddc.ministeriopublico.pt/sites/default/files/decl-genomadh.pdf>
- Notícias publicadas no jornal Expresso (3 maio de 2024). “A vacinação promove uma vida mais longa?”, de Francisco Gorge; e “Empresa Nacional em busca do Elixir da Juventude” de Joana Pereira Bastos.
- Bioética en la Red: La bioética Bioética: principios de la bioética. Consideraciones éticas respecto a la terapia génica. (2017), pgs 2,5,6 e 9. www.bioeticaweb.com, consulta em 23 de junho de 2024.
- Goldstein, D. B. (2022). *O fim da Genética*. O ADN e as doenças humanas, pg 81-82. Ed. Guerra e Paz.
- “What are the biotech investment themes that will shape the industry?” (2022)- Investimento de capitais de risco em terapêuticas génicas de nova geração <https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/what-are-the-biotech-investment-themes-that-will-shape-the-industry>
- Gyngell, C., Douglas, T., & Savulescu, J. (2017). The ethics of germline gene editing. *Journal of Applied Philosophy*, 34(4), 498-513.
- Schleidgen, S., Dederer, H. G., Sgodda, S., Cravcisin, S., Lüneburg, L., Cantz, T., & Heinemann, T. (2020). Human germline editing in the era of CRISPR-Cas: risk and uncertainty, inter-generational responsibility, therapeutic legitimacy. *BMC Medical Ethics*, 21, 1-12.

Comecei por ler excertos de textos das três primeiras publicações, e pedi aos alunos para comentarem estes textos à luz da “questão-debate” e da investigação que fizeram ao longo das aulas, nomeadamente para prepararem o poster sobre doenças génicas e engenharia genética. Com exceção de dois alunos, muito participativos desde o primeiro momento, os restantes não se sentiram muito à vontade para participar no início. A natureza da discussão, em que não há um “certo e errado”, surge como algo estranho. Todavia, à medida que as intervenções decorriam, mais alunos foram expressando os seus pontos de vista. Procurei não julgar as suas opiniões, que foram de muito conservadoras a muito liberais. Depois destas leituras iniciais, fui introduzindo os

restantes textos e notícias, o que abriu novas áreas de reflexão e permitiu mais intervenções e opiniões, com outras perspetivas. Globalmente, esta discussão foi um bom corolário da minha intervenção, apesar de alguns receios sobre a forma como a aula iria decorrer.

Após esta discussão fiz um breve resumo das intervenções e lancei o desafio dos alunos continuarem as suas reflexões sobre esta temática, a qual irá muito provavelmente fazer parte das suas vidas e da vida dos seus descendentes.

Por fim, agradei o empenho de todos os alunos ao longo da intervenção e informei-os que iriam de seguida responder a um questionário escrito, em que poderiam partilhar de forma anónima as suas opiniões sobre a gamificação do conteúdo "Alterações do material genético – mutações".

Aula 12 (2º turno, 22 de maio)

Duração: 100 minutos

Sumário: Apresentações das Missões dos grupos – Proteger os genes dos trabalhadores europeus! (conclusão). Apresentação dos resultados da Gamificação. Discussão da questão debate e recolha de feedback escrito.

Esta foi a última aula da minha intervenção. Dois grupos apresentaram as suas "Missões". Uma aluna saiu mais cedo, após ter realizado a apresentação com o seu grupo. Senti que o resultado final das apresentações foi bom, mas que é difícil recolher informações durante a aula e as apresentações, principalmente quando estamos ativamente a participar na aula. Há, todavia, um conhecimento mais profundo que se vai contruindo à medida que interagimos com os alunos e, de alguma forma, começamos a conhecer as capacidades, limitações e também a dimensão do esforço que cada aluno coloca nas suas aprendizagens, o que facilita a avaliação.

Também neste turno comecei por apresentar os moldes em que iríamos realizar o debate, e li os excertos dos artigos que preparei sobre edição génica. A discussão decorreu a bom ritmo, com a participação de todos os alunos e com intervenções que revelavam juntar conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores e sentido crítico. A exemplo do

primeiro turno, também neste ficaram expressas visões muito distintas sobre a edição génica e os limites que não devem ser ultrapassados. Como lhes referi no final da discussão, embora muito haja ainda a investigar e descobrir, o debate sobre a edição do genoma humano já se encontra hoje nas revistas de bioética e de filosofia, visto que, com estes avanços, estamos a entrar em territórios desconhecidos sobre o modo como a nossa espécie poderá ser modificada. Será, por isso, importante desenvolverem uma opinião crítica e fundamentada sobre esta temática.

Relativamente à gamificação, informei a turma que não tínhamos ainda os resultados finais (faltava incluir a avaliação do poster), mas apresentei os resultados até à data. Adicionalmente, informei que uma das recompensas surpresa definida no Guia completo da Gamificação iria ser entregue brevemente, e que lhes iria enviar um e-mail com mais detalhes sobre o assunto.

No final da aula vários alunos vieram desejar-me felicidades para a escrita da tese e para a futura atividade docente. Um dos alunos elogiou a forma como as aulas foram dadas e outro elogiou os slides apresentados nas aulas.

•

No início dos anos letivos, quando ficamos em frente de uma turma e olhamos para os seus rostos desconhecidos, temos diante de nós um caminho de descoberta do outro, que funciona também no sentido contrário, e que é de profundo enriquecimento. E de repente, no final do ano, a capacidade humana de estabelecer relações “funciona” e verificamos que todos aqueles rostos desconhecidos afinal nos são familiares. Esta é outra dimensão de ser docente que valorizo imenso. Por me ter apercebido disso, dessa ligação, senti-me no final desta intervenção muito feliz e realizado, mesmo antes de conhecer as avaliações dos questionários.

As duas últimas mensagens enviadas à turma foram referentes aos resultados finais (Figura 47) e à recompensa pelo desempenho alcançado no âmbito desta intervenção. Entreguei o prémio (um grande e belo bolo de chocolate caseiro) no dia 28 de maio, tendo-me deslocado à escola para, no intervalo da aula de Biologia que a professora cooperante estava a lecionar, partilhar com a turma essa recompensa pelo trabalho realizado. Na véspera, enviei um e-mail com a informação da hora e local (Figura 46), convidando a que todos estivessem presentes.



Figura 46 – Comunicação na *classroom* da turma. Gamificação: as recompensas



Figura 47 – Comunicação na *classroom* da turma. Gamificação/Resultados finais

Alguns dos elementos inicialmente previstos na gamificação não foram realizados, por decisão conjunta com a professora cooperante ou pelas dinâmicas das aulas, que tornaram inviáveis algumas atividades. Das conversas com a professora cooperante sobre a minha intervenção, a orientação que recebi foi a de privilegiar as aprendizagens em detrimento de “cumprir o planejado”. Isto é, garantir que os novos conteúdos são assimilados, que as dúvidas são esclarecidas, e que os alunos têm tempo para realizarem os seus trabalhos. As alterações à planificação inicial prenderam-se com o mini teste “online”, que foi substituído pelo trabalho individual (o poster sobre “Doenças genéticas e a Engenharia genética”) e o Desafio Genético “Detetive de vírus”, que foi substituído pelo trabalho sobre mutações cromossómicas. O primeiro destes trabalhos foi utilizado como elemento de avaliação final para estes conteúdos.

Não se anotaram “Pontos de DNA” relativamente aos itens “Cumprimento de prazos”; não se atribuíram “Badges” e não foi eleito “O melhor colega!”, neste caso porque na discussão com a turma não foi identificado nenhum aluno que se tivesse destacado nesse apoio. As recompensas para os grupos foram cumpridas com um prémio para toda a turma. Adicionalmente, foi lecionada mais uma aula, que serviu para a apresentação de trabalhos.

Para além de definir o que se pretende alcançar em termos de aprendizagem no final do 12.º ano de escolaridade, o documento PASEO (Martins *et al.*, 2016, pg. 31) fornece igualmente um enquadramento prático para a atividade docente, com um conjunto de ações que procurei utilizar em várias das atividades que propus nesta intervenção. Neste caso, procurei criar na escola “espaços e tempos para que os alunos intervenham livre e responsabilmente” e promover “de modo sistemático e intencional, na sala de aula e fora dela, atividades que permitam ao aluno fazer escolhas, confrontar pontos de vista, resolver problemas e tomar decisões com base em valores”. Essa foi a minha intenção, aproveitando a gamificação como ponto de partida. Coube aos alunos julgar se conseguiram ou não alcançar esse objetivo.

Capítulo III: Métodos e Procedimentos

Neste capítulo é feita a descrição da proposta de investigação, assim como dos métodos e procedimentos utilizados para a recolha de dados. É igualmente realizada a caracterização da escola e da turma e, no final, tecidas as considerações éticas seguidas na elaboração do trabalho.

1. Proposta de Investigação

Conforme apresentado, a proposta deste trabalho consistiu em avaliar as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações”, em alunos do 12.º ano de Biologia. A partir deste objetivo global, foram definidas as 3 questões de investigação:

- De que forma a gamificação motivou os alunos para a aprendizagem do domínio “Alterações do material genético – mutações”?
- De que forma a gamificação contribuiu para aumentar o envolvimento dos alunos nas atividades propostas?
- Quais as principais dificuldades que os alunos sentiram com a gamificação destes conteúdos?

2. Instrumentos de recolha de dados

Estas informações foram recolhidas recorrendo a diferentes instrumentos, sendo que a investigação teve na sua essência uma abordagem qualitativa, com os dados a serem interpretados a partir da sua recolha.

Como refere Creswell (2007), os trabalhos qualitativos são caracterizados por incluírem “a voz dos participantes”, a reflexão do investigador, uma descrição e interpretação do problema e uma contribuição para a literatura sobre o tema ou um desafio à mudança.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a investigação qualitativa possui cinco características, embora os estudos que recebem essa classificação nem sempre as apresentem todas. Aliás, de acordo com estes autores, não se trata tanto de caracterizar uma investigação como sendo ou não totalmente investigativa, mas sim uma questão de grau.

As cinco características da investigação qualitativa são:

- Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal
- A investigação qualitativa é descritiva
- Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo de que simplesmente pelos resultados ou produtos
- Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva
- O significado é de importância vital na abordagem qualitativa

Bogdan e Biklen (1994) referem ainda que os investigadores qualitativos estabelecem estratégias e procedimentos que lhes permitem tomar em consideração as experiências do ponto de vista do informador, ou seja, do aluno.

Para obter esse *feedback*, foram definidas as seguintes questões:

1. O que é que os alunos gostaram mais e menos na gamificação realizada?
2. Como se poderia melhorar o módulo gamificado?
3. Que tipos de mecanismos de *feedback* dentro da gamificação mais contribuíram para as aprendizagens realizadas?

Para a recolha de dados foi utilizado um questionário, aplicado no final da intervenção; a avaliação do trabalho individual (traduzido na elaboração e apresentação de um poster); as pontuações de DNA, resultantes dos desafios gamificados; e as observações realizadas ao longo das aulas, recolhidas num diário de bordo. O questionário incluiu respostas fechadas, de escolha múltipla, segundo uma escala de Likert, e também questões abertas.

De acordo com Nemoto e Beglar (2014), a maioria das escalas de Likert devem ter entre quatro e seis pontos, sendo as de quatro pontos mais adequadas quando os inquiridos são jovens ou quando irão ser aplicadas numa população pouco motivada, visto serem fáceis de compreender e não exigirem grande esforço no preenchimento. No entanto, as escalas de seis pontos são preferíveis, visto possibilitarem um maior rigor e profundidade na avaliação. Adicionalmente, evitam a categoria do “neutro” ou “meio”, as quais não devem ser utilizadas nos questionários (Nemoto & Beglar, 2014). A partir deste pressuposto, foi aplicada nos questionários a utilizar neste trabalho uma escala de Likert com seis pontos, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Escala de Likert de seis pontos © Traduzido de Nemoto e Beglar (2014, pg. 5)

1	2	3	4	5	6
Discordo totalmente	Discordo	Discordo ligeiramente	Concordo ligeiramente	Concordo	Concordo totalmente

Como referido, foram também incluídas questões de resposta aberta, que permitem uma mais livre expressão dos alunos sobre algumas dos tópicos a investigar.

Para essa recolha foi utilizado igualmente um diário de bordo, um dos instrumentos utilizados no âmbito da metodologia da investigação.

Sobre este tópico, Porlán Ariza *et al.* (1999) referem que os diários de bordo constituem para a investigação em didática um instrumento relevante de recolha de dados, nomeadamente porque podem contribuir como auxiliares no processo inicial de formação de professores, assim como para as avaliações das suas práticas (André & Pontin, 1998).

Adicionalmente, foram recolhidas informações e dados a partir de questões colocadas à professora cooperante, e da consulta do Projeto Educativo do Agrupamento da Escola.

A utilização de diferentes técnicas de recolha de dados permite obter várias perspetivas sobre a mesma situação, cruzar informações de diferentes fontes e fazer a respetiva comparação, e dessa forma validar os dados obtidos (Igea, 1995, citado por Barbosa, 2012).

Para a sistematização das informações recolhidas, quer no âmbito das questões de investigação, quer no âmbito da gamificação, foi criada uma tabela no *Office* da *Microsoft*, no programa *Excel*, a qual foi atualizada no final de cada aula. O objetivo de registar aula a aula o máximo de dados possíveis foi evitar perder informações e rigor. Na prática, indo de encontro às orientações expressas por Coutinho (2008), quando refere que todos os investigadores em educação se devem preocupar com as questões de fiabilidade e validade dos métodos a que recorrem, sejam eles de cariz quantitativo ou qualitativo.

No âmbito da gamificação, os resultados (pontuações dos grupos) foram partilhados com a turma semanalmente, a partir da semana 2.

As pontuações máximas a atribuir a cada uma das atividades gamificadas, quer para os grupos de alunos quer individualmente, e os resultados obtidos, encontram-se na Grelha “Pontuações de DNA” (pg. 108).

No final foi atribuído um prémio de participação a todos os estudantes.

3. Caracterização do enquadramento escolar e da turma

3.1. Enquadramento Escolar

A intervenção foi realizada numa escola criada no final dos anos setenta do século XX, localizada na periferia de Lisboa, inserida num agrupamento escolar que definiu como missão oferecer aos seus alunos um percurso educativo que se pugna por:

- a) Aquisição/consolidação de uma consciência de cidadania ativa num contexto democrático moderno;
- b) Um percurso diversificado e oportunidades de formação académica e profissional, pautados pelo rigor e pela excelência;
- c) Inclusão, numa perspetiva multi e intercultural, de crianças, jovens e adultos na sociedade onde vivem, desenvolvendo capacidades e aprofundando os saberes científico-humanísticos e técnicos.

O agrupamento escolar possui aproximadamente 2000 alunos, servidos por um corpo docente de 200 professores e 40 assistentes operacionais, dispendo de Cursos de Educação e Formação de Adultos (EFA) e Centros Qualifica.

A nível de instalações, a escola está organizada em quatro edifícios: dois onde decorrem as aulas; um pavilhão gimnodesportivo e um pavilhão de oficinas. A escola encontra-se atualmente a receber importantes obras de melhoramento, destacando-se melhorias na climatização das salas de aula, nos espaços verdes e no pavilhão gimnodesportivo. Vai também ser alterada a entrada principal, passando a ser realizada por outro local, mais espaçoso e com menos trânsito, reforçando assim a segurança dos alunos. Serão igualmente repostos locais de estacionamento para professores e visitantes, os quais não estiveram disponíveis durante este ano letivo.

Nas outras áreas comuns, existe ainda um bar, um refeitório, um amplo espaço interior para atividades (com matraquilhos, mesas de ping-pong e palco de teatro), uma papelaria, uma biblioteca e uma sala de convívio para professores.

A escola possui três laboratórios de Biologia e Geologia, na qual decorrem as aulas de Biologia do 12.º ano. Os laboratórios foram planeados de forma funcional, com dois deles a comunicarem entre si através de uma sala que serve exclusivamente os professores destas disciplinas. Encontram-se bem equipados, quer em termos de microscópios, quer em termos de outros materiais (preparações definitivas, reagentes, amostras de rochas, aquários e material de laboratório). Este ano todos os microscópios foram revistos e foi adquirido mais material, nomeadamente lupas binoculares.

Os laboratórios, a exemplo das restantes salas, possuem um computador para o professor, um projetor (alguns já foram substituídos este ano por modelos mais recentes e de maior qualidade), dois balcões para a realização de atividades (com superfície de xisto), dois lavatórios e mesas e cadeiras para os alunos e professor. As mesas permitem aos alunos sentarem-se dois a dois. Os laboratórios têm também em exposição inúmeros trabalhos realizados pelos alunos ao longo dos anos.

Na sala de apoio para os professores de Biologia e Geologia estão disponíveis dois computadores, duas mesas de trabalho e estantes com o material para as aulas práticas destas disciplinas.

A maior limitação que existe atualmente prende-se com o parque informático, nomeadamente os computadores obsoletos nas salas, que os professores deixaram simplesmente de utilizar, e a má qualidade da rede de internet, com as ligações a caírem frequentemente e a condicionarem o normal decorrer das aulas.

A escola dispõe de onze docentes de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia. A professora cooperante encontra-se presentemente a lecionar as disciplinas de Biologia e Geologia do 10º ano, e de Biologia do 12.º ano, precisamente aquela na qual realizei a intervenção. É licenciada em Biologia- ramo Educacional, com mestrado em Ciências da Terra e da Vida para o ensino, e possui trinta e seis anos de experiência profissional.

3.2. A turma

A intervenção foi realizada numa turma do 12.º ano de Biologia, a qual trabalhou ao longo do ano letivo em dois turnos semanais. O primeiro à 3ª feira (11h30 – 13h30), e o segundo à 4ª feira (11h30-13h30). Às 5ª feiras tinham uma aula comum (10h30-11h30).

A turma era constituída por 25 alunos, repartida por 14 rapazes e 11 raparigas, de três nacionalidades: Portugal, Brasil e Angola. Todos dominavam bem a língua portuguesa e nenhum frequentava a disciplina de Português Língua Não Materna.

Metade da turma já tinha trabalhado com a professora cooperante na disciplina de Biologia e Geologia no 11º ano, sendo os restantes alunos oriundos de outras turmas. Nenhum aluno era repetente. Em termos familiares, a grande maioria era oriunda de um nível socioeconómico médio-baixo, embora com algumas exceções. Dois alunos tinham apoio da Ação Social Escolar (ASE). No final do primeiro período, uma das alunas desistiu e foi para o programa QUALIFICA.

Considerando o conjunto de disciplinas frequentadas por estes alunos no 12.º ano, e de acordo com o *feedback* fornecido pela Diretora de Turma, o desempenho da turma ao longo do ano letivo foi bastante heterogéneo, com um grupo de alunos a obter sistematicamente resultados de excelência em todas as disciplinas, e outro com dificuldades em obter resultados positivos. Na disciplina de Biologia, o desempenho foi também desigual. Alguns alunos foram muito dedicados, obtendo boas notas nos testes sumativos e aproveitando todas as oportunidades para melhorarem os seus trabalhos, nomeadamente enviando-os com antecedência e pedindo comentários de melhoria para fazerem retificações antes das datas de entrega; enquanto outros, pelo contrário, entregavam os trabalhos nas datas-limite ou deixavam passar inclusivamente os prazos definidos.

Em termos disciplinares, o ano letivo decorreu sem quaisquer problemas, com um bom ambiente e sintonia entre alunos e professora.

No que respeita à participação nas aulas, em cada um dos turnos havia um pequeno grupo de três ou quatro alunos que monopolizavam os debates e que estavam sempre disponíveis para participar, quer espontaneamente, quer quando questionados pelos docentes. Por outro lado, outros alunos raramente o fizeram, apenas intervindo quando desafiados. Um dos alunos estava identificado como tendo Necessidades Educativas Especiais (NEE), revelando grandes dificuldade de comunicação e de interação social ao longo do ano letivo. A este aluno foram aplicados critérios de avaliação distintos dos aplicados à restante turma.

Globalmente, as classificações dos alunos foram melhorando ao longo do ano. Na avaliação final da disciplina, a média da turma foi de 15,10 valores. Destacaram-se em especial 5 alunos, que obtiveram 20 valores (dois); 19 valores (dois) e 18 valores (um). Globalmente, a docente cooperante considerou esta uma das suas melhores turmas do 12.º ano, e nenhum aluno foi reprovado.

Em termos de progressão, os alunos que concluíram com sucesso o 12.º ano partilharam que tinham como objetivo continuar os seus percursos académicos no ensino

superior, candidatando-se a universidades públicas. Os alunos que terminaram o ano letivo com disciplinas em atraso irão inscrever-se novamente nessas disciplinas, para concluírem o ensino secundário.

4. Questões éticas

No cumprimento da Deliberação nº 453/2016, publicada no Diário da República de 15 de março de 2016, este trabalho seguiu a carta Ética para a Investigação em Educação e Formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, respeitando as orientações relativas a:

- 1 — Explicitação dos cuidados éticos.
- 2 — Proteção dos participantes.
- 3 — Consentimento informado.
- 4 — Confidencialidade e privacidade.
- 5 — Falsificação e plágio.
- 6 — Proteção e recolha de dados.
- 7 — Publicação e divulgação do conhecimento.

Capítulo IV: Resultados e Análise

A recolha de dados teve como base quatro fontes: o questionário aplicado no final da intervenção; o trabalho individual produzido pelos alunos; a grelha de resultados que serviu de base à gamificação e as observações realizadas ao longo das aulas, as quais foram registadas no diário de bordo. Neste capítulo são apresentados os dados recolhidos ao longo da intervenção e é realizada a respetiva análise, cruzando as informações recolhidas por estas fontes, tendo como ponto de partida o objetivo da investigação, que consistiu em avaliar as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações” em alunos do 12.º ano de Biologia.

1. Questionário

Foi utilizado um questionário com sete questões (Apêndice F). A primeira para conhecer a faixa etária, a segunda o género e a terceira para saber se os alunos já tinham previamente participado em atividades gamificadas no ensino. Na questão quatro foi-lhes pedido para avaliarem nove tópicos relacionados com a gamificação em que participaram, classificando-os segundo uma escala de Likert com seis pontos, sendo as opções “Discordo totalmente”; “Discordo”; “Discordo ligeiramente”; “Concordo ligeiramente”; “Concordo” e “Concordo totalmente”. Tinham ainda a possibilidade de escolher “Não sei/ Não respondo”. As três questões finais foram de resposta aberta, dando aos alunos a possibilidade de referirem o que mais gostaram na gamificação (questão cinco); como se poderia melhorar o módulo (questão seis); e quais os mecanismos utilizados que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas (questão sete). O questionário foi aplicado no final da intervenção, mais concretamente no final da última aula de cada um dos dois turnos.

A apresentação dos dados recolhidos pelo questionário está dividida em dois grupos. No primeiro, é feita a caracterização dos alunos e da sua experiência prévia na participação em atividades gamificadas no ensino. No segundo, é feita a apresentação das respostas obtidas nas nove questões fechadas e do *feedback* partilhado nas questões abertas, acompanhados da discussão dos resultados. As citações dos alunos são referidas

entre aspas e têm pequenas correções ortográficas ou gramaticais, mas que não alteram ou descontextualizam as suas opiniões.

Para os vários tópicos da questão quatro, são apresentados gráficos com os resultados em termos absolutos e um quadro resumo, com as percentagens dos que concordam, dos que discordam, e dos que não sabem ou não responderam.

1.1. Caracterização dos alunos

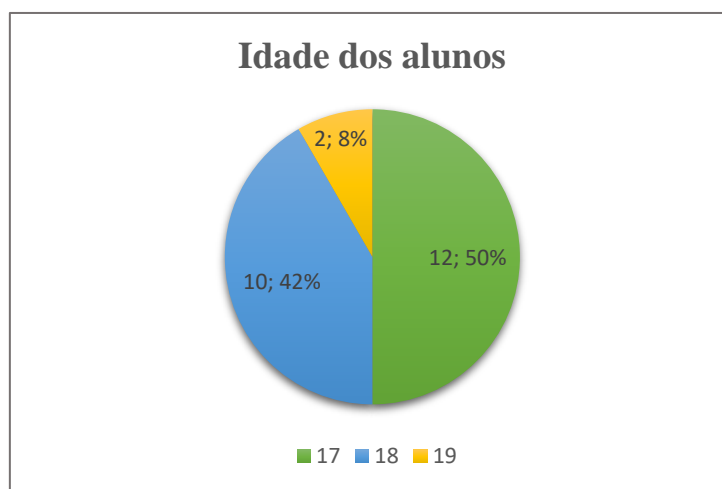


Gráfico 1- Número e idades dos alunos da turma

A turma do 12.º ano, que participou na gamificação do domínio “Alterações do material genético – mutações”, era constituída por 24 alunos, sendo 14 rapazes e 10 raparigas. Em termos de idades, 12 alunos (50%) tinham 17 anos; dez alunos tinham 18 anos (42%) e dois tinham 19 anos (8%) (Gráfico 1).

Em termos de participações em atividades gamificadas, oito alunos assinalaram que nunca tiveram essa experiência nos seus percursos escolares. Dos restantes dezasseis, onze consideraram a presente participação, enquanto alunos do 12.º de Biologia, uma “experiência anterior”. No total, onze alunos referiram outras experiências em atividades gamificadas no ensino. As experiências anteriores referidas foram nas disciplinas de Matemática (ano letivo 23/24; três alunos); Inglês (ano letivo 23/24; um aluno); Biologia (ano letivo 22/23; cinco alunos) e Filosofia (ano letivo 23/24; dois alunos).

1.2. Resultados

Tópico 1

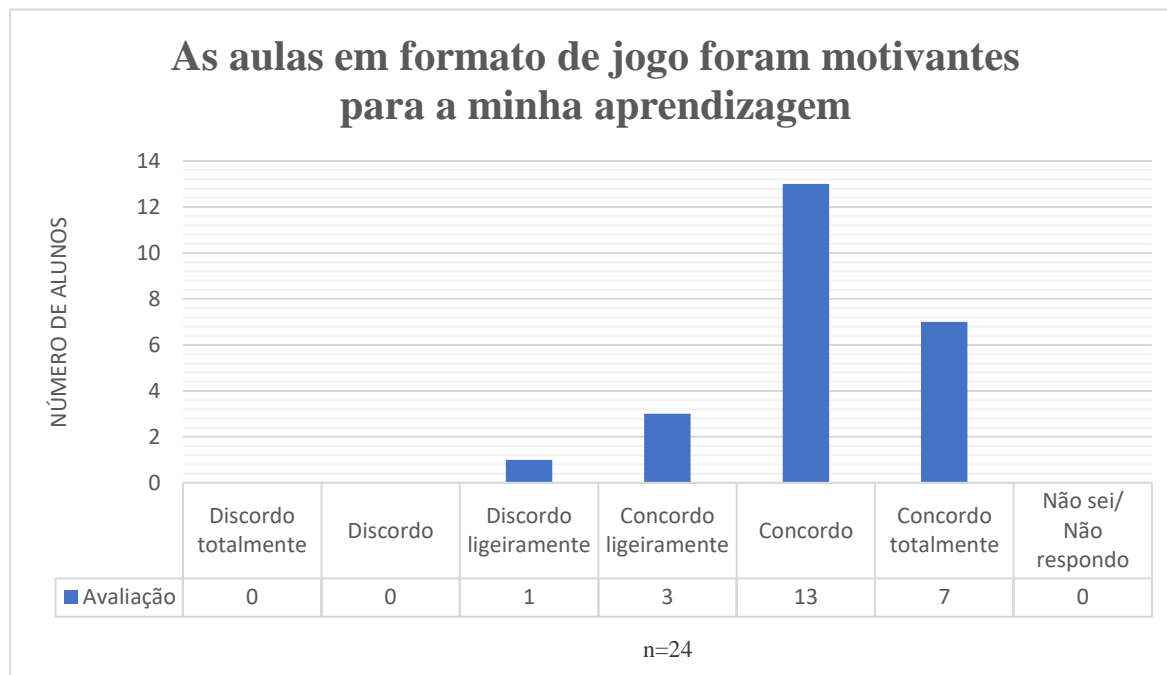


Gráfico 2 – Respostas dos alunos sobre o tópico 1: As aulas em formato de jogo foram motivantes para a minha aprendizagem?

No primeiro tópico procurou-se compreender se as aulas em formato gamificado foram motivantes para a aprendizagem dos alunos. Um dos objetivos da investigação era, precisamente, perceber até que ponto uma intervenção seguindo este modelo poderia, ou não, ter um impacto positivo na motivação para aprender.

O gráfico 2 apresenta os resultados distribuídos pelas sete opções possíveis, verificando-se que 23 dos 24 alunos consideraram que as aulas neste formato foram motivantes para as suas aprendizagens.

O quadro 5 agrupa estas respostas em percentagens, e de uma forma diferente: os alunos que concordaram com a afirmação “As aulas em formato de jogo foram motivantes para a minha aprendizagem”; os que discordaram, e os que não sabem ou não respondem. Nessa leitura, os resultados revelam que aproximadamente 96% dos alunos consideraram que as aulas em formato de jogo foram motivantes para as suas aprendizagens. Se considerarmos apenas os alunos que responderam “Concordo” e “Concordo totalmente” essa percentagem é de 83%.

Verifica-se ainda que apenas 1 aluno (4,17%) não concordou com esta afirmação (respondeu “discordo ligeiramente”) e que nenhum respondeu “discordo” ou “discordo totalmente” (Quadro 5).

Quadro 5 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 1

Análise	%
1. Concordância	95,83
Concordo e Concordo totalmente	83,33
2. Discordância	4,17
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	0,00

Estes resultados não apenas valorizam o impacto da gamificação em termos de motivação dos alunos para aprender, como revelam que essa opinião foi praticamente consensual.

No *feedback* escrito, o formato de jogo e a competição entre os diferentes grupos foi também valorizado, sendo precisamente aquilo que mais alunos destacaram como tendo sido do seu agrado. Nove alunos destacaram os jogos como tendo sido um dos elementos de que mais gostaram na intervenção. Dois deles referiram em particular o *kahoot* (realizado na primeira aula) como tendo tido um grande impacto, pois “ganharam pontos”. Um dos alunos referiu concretamente que os jogos “puxaram pelo (seu) lado competitivo e (o) levaram a ter mais interesse pela matéria”. Outros destacaram que este formato os “motivou a aprender” ou que “foi bom para uma melhor aprendizagem dos conteúdos”, o que está de acordo com os resultados das respostas fechadas obtidos para esta questão.

Quando questionados sobre como a gamificação poderia ser melhorada, dois alunos propuseram precisamente que seria interessante ter mais jogos: “penso que se devia substituir uma das apresentações feitas por jogos, de modo a motivar mais. Por exemplo, um bingo ou um quiz”.

Ainda apontando sugestões de melhoria, um aluno referiu que “o módulo gamificado é de bom interesse e com bons propósitos, sendo que todas as tarefas foram, para mim, encaradas de bom gosto. Considero, contudo, que (se) em vez das apresentações resumo realizadas pelas equipas, fizéssemos jogos interativos, recapitulando as matérias dadas nas aulas passadas, dar-nos-ia mais motivação para ir recapitulando as matérias e, assim, realizarmos uma aprendizagem mais continuada”.

Verifica-se assim que, não apenas os alunos valorizaram esta metodologia e a consideraram como tendo sido motivante para as suas aprendizagens, como alguns deles gostariam que tivesse ido mais longe, diversificando e aprofundando as propostas apresentadas.

Enquanto docente estagiário, senti que esta proposta de intervenção foi bem aceite pelos alunos desde a primeira aula, e que estimulou não apenas as suas aprendizagens, como introduziu igualmente uma saudável competição entre os vários alunos e respetivas equipas. Isso foi visível na apresentação inicial do “Guia Completo sobre a Gamificação”, na rapidez com que os grupos se formaram, na forma como os alunos se comportaram no *kahoot* e nas referências que foram fazendo ao longo das semanas à competição. Adicionalmente, a concretização dos vários trabalhos de grupo e a excelente avaliação final individual, obtida através da apresentação do poster sobre “Mutações e a engenharia genética”, são também disso uma prova.

Tópico 2

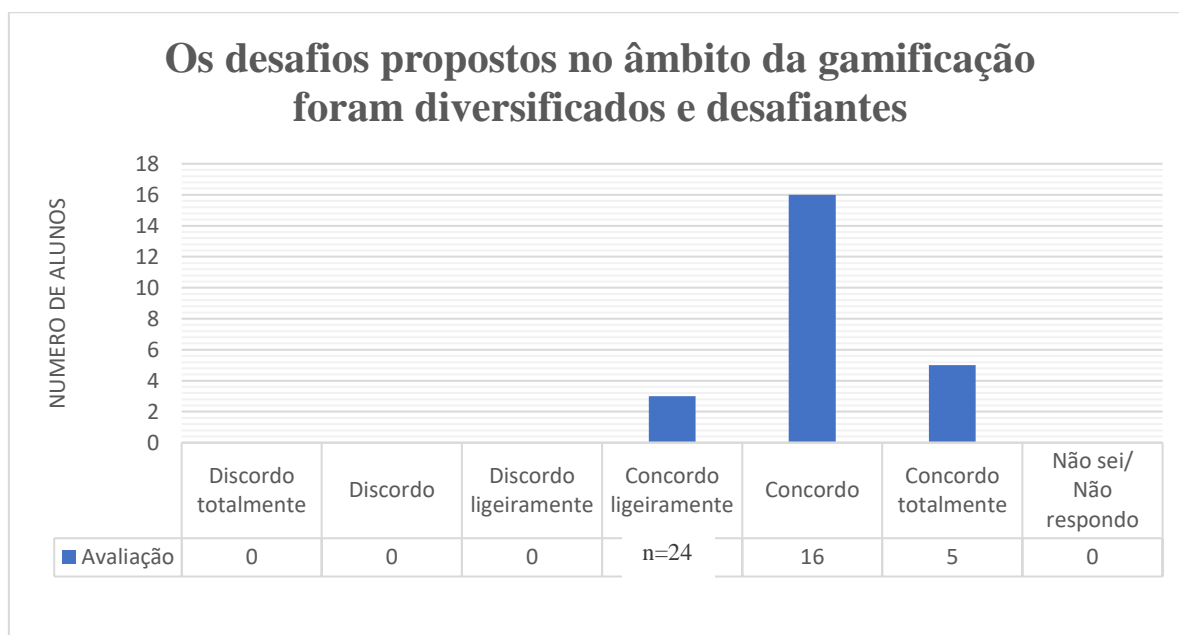


Gráfico 3 – Respostas dos alunos sobre o tópico 2: Os desafios propostos no âmbito da gamificação foram diversificados e desafiantes?

Uma das questões mais importantes nesta intervenção era perceber se os alunos consideraram as atividades propostas diversificadas e desafiantes. O objetivo, como referido na introdução do relatório, era conseguir “chegar” não apenas ao maior número de alunos, mas envolver igualmente alunos com diferentes perfis e capacidades. E, dessa

forma, conseguir ter um impacto positivo em termos de estímulo à participação e aprendizagem de todos.

Quadro 6 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 2

Análise	%
1. Concordância	100,00
Concordo e Concordo totalmente	87,50
2. Discordância	0,00
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	0,00

Os resultados revelam que todos os alunos (100%) consideraram que os desafios propostos foram diversificados e desafiantes. Essa concordância é não só consensual como é feita de forma convicta, com 21 dos 24 alunos a responder “Concordo” ou “Concordo plenamente” com a afirmação (Quadro 6). De todas as questões, esta é aquela em que mais alunos responderam “Concordo” (Gráfico 3).

Respostas tão consensuais merecem realce e revelam que as atividades definidas para cada aula se adequaram às características individuais dos alunos e à dinâmica coletiva da turma, e que o propósito foi alcançado. Nas questões de resposta livre, este aspeto foi igualmente destacado, com praticamente todos os desafios propostos a serem valorizados pelos alunos, o que é também coerente com o *feedback* oral que recebi ao longo da intervenção.

Assim, para além dos nove alunos que destacaram os jogos como o elemento de que mais gostaram, dez outros referiram “o poster”, “o poster individual” ou “os posters”. Sobre a realização do poster, estes alunos realçaram que “o trabalho de pesquisa que envolve leva a que o aluno pesquise sobre o tema e sobre a matéria em questão, o que contribui para as aprendizagens”; “a realização do poster individual forçou-nos a pesquisar sobre várias doenças” e “o poster sobre engenharia genética, para ganhar autonomia”. Um referiu especificamente que “o poster foi o meu favorito” e outro, embora não especificando diretamente a atividade, referiu que “gostei de aprender (sobre) como a Humanidade consegue alterar o que nos faz humanos de forma benéfica”.

Seis alunos destacaram “os trabalhos de grupo” e dois indicaram que “foram as aulas práticas” e “foi a parte prática do que realizámos em sala” o que mais gostaram, sem especificarem ao que se estavam a referir. As diferentes atividades foram também

destacadas, pois “tornaram as aulas muito mais interessantes”, com “diversos e desafiadores trabalhos”.

Dois alunos disseram que o que mais gostaram foi “o facto de não terem testes escritos”. Outro destacou que as aulas permitiram “aprender de uma forma menos "chata"”. Houve ainda um discente que referiu que o que mais gostou foram “as participações dos alunos”. Finalmente, um aluno realçou que a participação de especialistas “foi algo incrível e que jamais esquecerei em condições normais. O facto de nós (*palavra não legível*) a nossa aprendizagem com as ferramentas certas é o futuro do ensino e foi algo bem feito, porque chego ao final disto tudo e sinto que sei”. Esse aluno referiu ainda que o que mais gostou foi “tudo, uma atividade diferente a cada aula, reforçando a aprendizagem”, acrescentando que “só tenho pena que o resto das aulas que tenho não sejam assim, mesmo em outras disciplinas”.

Tendo em consideração as observações que fui realizando ao longo das aulas, notei precisamente que os alunos trouxeram sempre alguma expectativa sobre as atividades que iriam realizar, e que valorizaram bastante esse aspeto.

Percebi, todavia, que a diversidade de trabalhos poderá ter sido excessiva, já que nem sempre foi possível terminá-los durante as aulas, como tinha previsto. No fundo, diversidade foi também quantidade.

Quando chamados a identificar áreas de melhoria, os comentários escritos e orais apontaram precisamente nesse sentido, com onze alunos a referirem que deveriam existir menos trabalhos. Deste total, cinco indicaram apenas “menos trabalhos” (quatro alunos) e “talvez menos trabalhos (um aluno)”. Os restantes seis foram mais específicos, realçando que “a carga de trabalhos era um pouco grande, ainda por cima em grupo, que na minha opinião é mais difícil, pois é preciso a colaboração de todos e a disponibilidade”. Um aluno referiu que “tivemos muitas atividades em pouco tempo” e que, na sua opinião, tentaria “estabelecer prazos mais realistas”; pois “são muitos trabalhos e não temos tempo para fazer todos (pois ainda temos outras matérias além da Biologia)”. Outro aluno destacou que “poderia não se atribuir tantos trabalhos que tenham de ser realizados fora da escola” e “fazer o trabalho na aula, gerando assim um dinamismo entre os colegas do grupo e entre os grupos, existindo um apoio entre todos”.

Relacionado com a diversidade de desafios, alguns alunos propuseram também “dar mais tempo em aula para preparar os trabalhos” e que “no geral, o tempo foi uma condicionante para o "bom funcionamento" do projeto”, para “haver mais tempo de pesquisa” e “uma maior absorção dos conteúdos”.

Sobre o tópico da diversidade de desafios, dois alunos propuseram também que “para melhorar este módulo, poderíamos ter mais vídeos a demonstrar os conteúdos” e um referiu que se poderiam realizar “mais debates” e haver “maior diversidade para cada grupo ter um tema”.

Esse *feedback* mais crítico, muito importante como área de melhoria para futuras implementações, não se revelou, todavia, nas avaliações das respostas fechadas.

Tópico 3

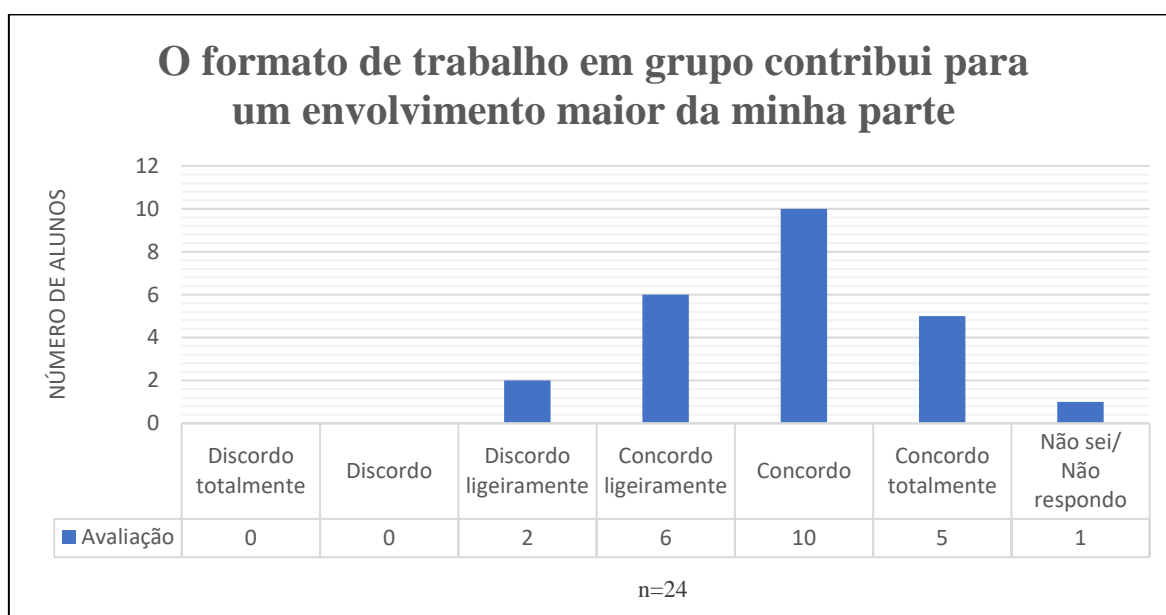


Gráfico 4 – Respostas dos alunos sobre o tópico 3: O formato de trabalho em grupo contribui para um envolvimento maior da minha parte?

Uma das áreas de competência definida no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) é a do relacionamento interpessoal, nomeadamente que os alunos sejam capazes de adequar comportamentos em contexto de cooperação, partilha, colaboração e competição, e sejam capazes de trabalhar em equipa, desenvolvendo *soft skills*, como a empatia, a tolerância ou a aceitação de diferentes pontos de vista (Martins *et al.*, 2016). Esta intervenção teve por isso uma importante componente de trabalho de grupo (os alunos trabalharam em equipas ao longo das aulas), aliada à componente individual.

Os resultados apontam no sentido de os alunos valorizarem significativamente essa faceta da intervenção, com 21 alunos (87,5%) a indicarem que o trabalho em grupo contribuiu para um seu maior envolvimento na gamificação (Gráfico 4).

Quadro 7 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 3

Análise	%
1. Concordância	87,50
Concordo e Concordo totalmente	62,50
2. Discordância	8,33
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	4,17

Nenhum discente referiu discordar ou discordar totalmente deste formato (Quadro 7), e apenas dois escolheram a opção “Discordo ligeiramente”. Estes resultados indicam por isso que o trabalho de grupo, associado à gamificação, é do agrado dos alunos e contribui para o seu maior envolvimento nas atividades propostas.

Estas respostas estão também alinhadas com as respostas abertas, onde seis alunos destacaram os trabalhos de grupo como estando entre o que mais gostaram. Entre esses, um destacou que “tudo se tornou melhor com o trabalho em grupo” e outro valorizou “as interações com os colegas”. Este *feedback* é semelhante ao que observei nas aulas. Foi visível, ao longo da intervenção, que os alunos se conheciam bem e escolheram os seus grupos de acordo com as suas preferências e amizades. Senti, por isso, que existiu sempre uma grande sintonia dentro dos grupos, com os debates, a distribuição das tarefas e as apresentações a decorrerem de forma muito natural, e que isso está relacionado com o bom ambiente da turma e a experiência prévia neste tipo de organização do trabalho.

Em sentido contrário, um aluno referiu no seu *feedback* escrito que o trabalho de grupo na gamificação “pode ser injusto, pois o esforço do grupo ou a falta dele pode prejudicar um colega específico e ajudar quem não fez nada, mas que a classificação final é só uma”. Também revelando esse desconforto, um outro aluno solicitou verbalmente, no final de uma das aulas, se nos trabalhos de grupo a contribuição de cada aluno poderia ser discriminada, com o trabalho a ser apresentado em capítulos, e identificando a responsabilidade de cada um para a sua elaboração.

Tópico 4

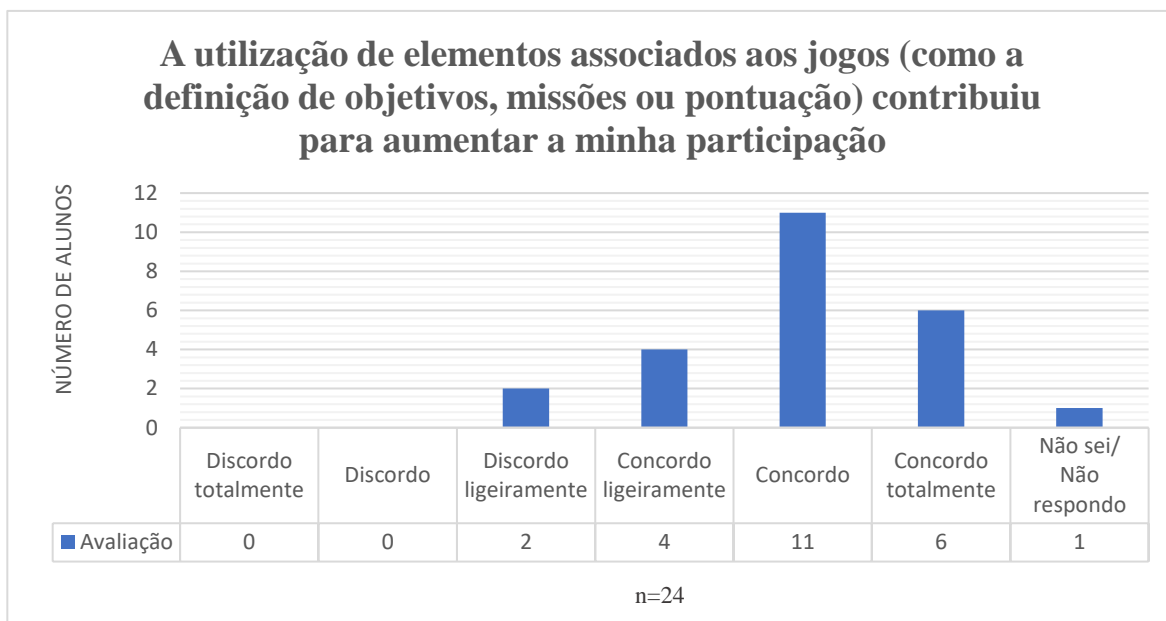


Gráfico 5 – Respostas dos alunos sobre o tópico 4: A utilização de elementos associados aos jogos contribuiu para aumentar a minha participação?

Num artigo de revisão, Dicheva *et al.* (2015) sistematizaram, a partir da bibliografia mais relevante, os princípios utilizados no *design* de jogos criados com objetivos educacionais. São aí referidos os elementos tipicamente utilizados nas gamificações, como aqueles que aqui foram utilizados.

O tópico 4 procurou avaliar se a utilização dos elementos tipicamente associados aos jogos, como a atribuição de pontos, a definição de missões, a criação de *avatars* ou o *feedback* mais rápido (semanal) das pontuações de cada grupo, contribuiu para aumentar a participação dos alunos.

Quadro 8 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 4

Análise	%
1. Concordância	87,50
Concordo e Concordo totalmente	70,83
2. Discordância	8,33
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	4,17

Os resultados indicam que 21 alunos (87,5%) concordaram com a afirmação (Gráfico 5). Dos restantes, dois (8,33%) responderam “Discordo ligeiramente” e um aluno optou por “Não sei/Não respondo” (Quadro 8). Ou seja, os alunos participaram

mais *por causa* destes elementos, o que parece mostrar que a gamificação, quando aplicada num enquadramento adequado, cria condições favoráveis para os discentes se envolverem mais ativamente nas suas aprendizagens.

Quando questionados sobre os mecanismos que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas, os alunos destacaram as atividades de que mais gostaram, e menos os elementos típicos dos jogos que estavam presentes, o que poderá indicar que a questão não foi bem elaborada, gerando diferentes interpretações. Ainda assim, dois alunos referiram “O esquema de pontos”; e que “a motivação de ganhar fez-me aprender”; outro referiu que valorizou “uma pressão simpática, onde os professores ajudavam”, sendo neste ponto acompanhado por outro que destacou “a pressão amigável que se criou”.

Da minha observação, notei que os alunos gostaram de criar os *Avatares* para os seus grupos (foram momentos de boa disposição), valorizaram a comunicação semanal dos “Pontos de DNA” via *classroom*, a progressão nas missões, e a competição entre grupos. Senti que todos esses elementos foram novos e criaram um ambiente diferente do habitual na disciplina, motivando-os para competir de forma saudável, aprender e tentar ganhar.

Tópico 5

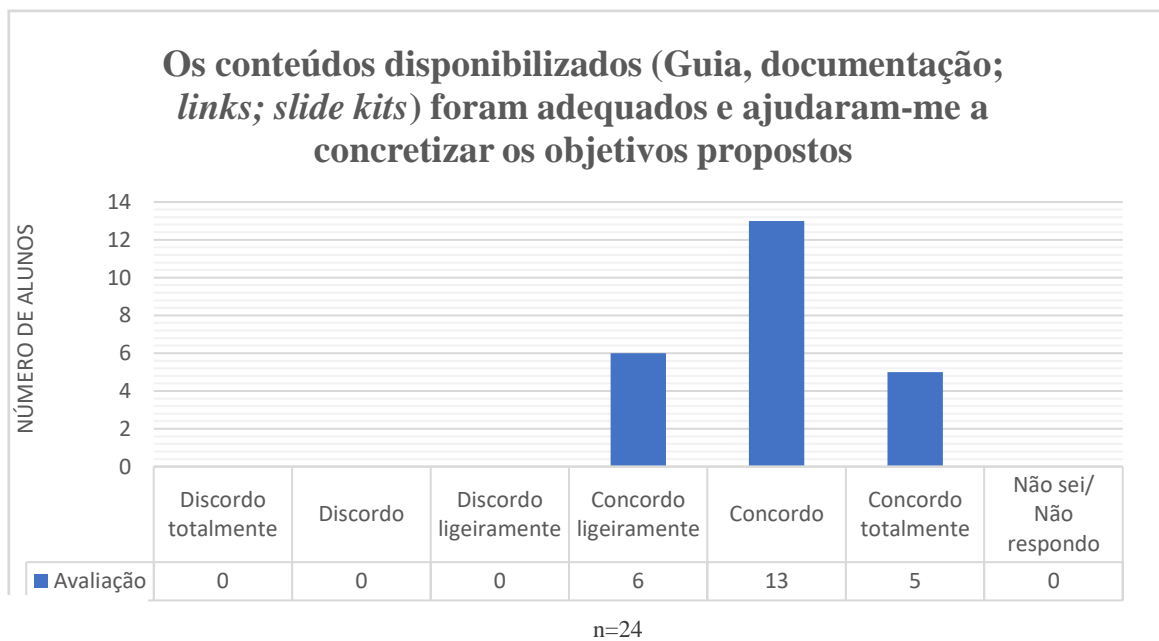


Gráfico 6 – Respostas dos alunos sobre o tópico 5: Os conteúdos disponibilizados foram adequados e ajudaram-me a concretizar os objetivos propostos?

Nesta questão, foi solicitado aos discentes que avaliassem os conteúdos disponibilizados ao longo da intervenção, mais concretamente se os recursos audiovisuais, a documentação científica e a informação relacionada como o jogo foram adequados e ajudaram a concretizar os objetivos propostos. Esses materiais foram disponibilizados na primeira aula (os relacionados com a gamificação) e depois semanalmente (os relacionados com os conteúdos científicos e com os resultados obtidos por cada grupo).

Quadro 9 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 5

Análise	%
1. Concordância	100,00
Concordo e Concordo totalmente	75,00
2. Discordância	0,00
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	0,00

Para cada nova aula, os alunos dos dois turnos tinham disponíveis na *classroom* os recursos audiovisuais utilizados na aula anterior.

Os resultados mostram que todos os alunos (Gráfico 6) concordaram que os materiais entregues no início e ao longo das aulas serviram esses propósitos. Verifica-se, igualmente, que essa concordância é feita maioritariamente com as respostas “Concordo” e “Concordo totalmente” e que nenhum escolheu opções de discordância (Quadro 9).

No *feedback* escrito e oral, um aluno destacou “os *powerpoints* do professor”, referindo que estavam bastante detalhados, e “a forma inovadora de explicar”. Outro, que os *slide kits* os ajudaram na realização dos trabalhos, nomeadamente dos resumos “Take Home Messages”. Aqueles a quem emprestei os livros sobre genética valorizaram também esses materiais, referindo que os ajudaram na elaboração dos posters individuais. Por fim, o artigo científico sobre a relação entre a dose de radiações, as mutações e o cancro da tiroide em populações afetadas pelo acidente nuclear de Chernobyl foi também valorizado oralmente, por ter já os destaques dos aspetos mais importantes a incluir no resumo que os grupos deveriam fazer.

Como suporte a metodologias de ensino-aprendizagem ativas, sinto que os alunos continuam a dar um grande valor a recursos audiovisuais de qualidade, com um bom equilíbrio entre conteúdos e imagens, e que os mesmos os apoiam no estudo e na realização de trabalhos. Estes resultados parecem precisamente reforçar essa leitura.

Tópico 6

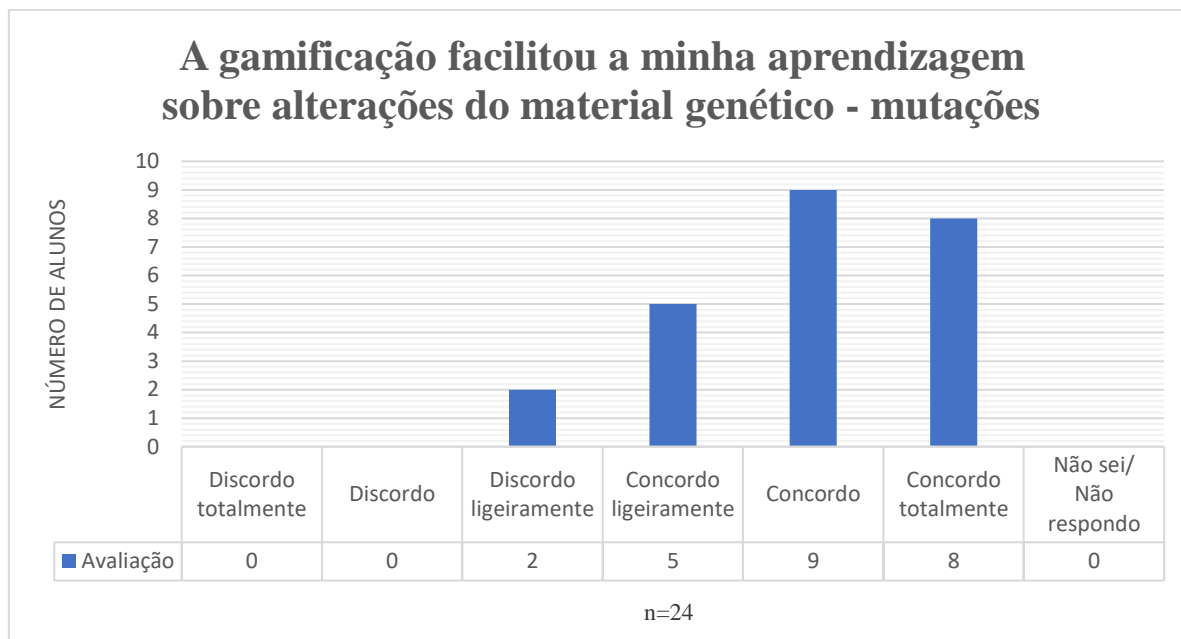


Gráfico 7 – Respostas dos alunos sobre o tópico 6: A gamificação facilitou a minha aprendizagem sobre alterações do material genético - mutações?

A gamificação procura estimular a participação dos estudantes e o seu envolvimento na aprendizagem, incluindo das ciências, daí resultando um maior empenho e uma melhor aprendizagem dos conteúdos (Chans & Castro, 2021).

Na questão seis procurou-se perceber se a gamificação facilitou a aprendizagem dos conteúdos científicos “Alterações do material genético”.

Analisando as respostas dos alunos, verifica-se que a maioria escolheu opções de concordância (22 alunos; 91,67%), tendo a opção “Concordo” sido a mais escolhida (Gráfico 7). Esta foi igualmente uma das questões em que um maior número de alunos esteve totalmente de acordo com a afirmação (oito alunos) e que nenhum assinalou as opções “Discordo”, “Discordo totalmente”, ou “Não sei/ Não respondo” (Quadro 10). Da análise dos resultados, verifica-se ainda que dois alunos escolheram “Discordo ligeiramente”. Os dados parecem assim reforçar as conclusões apontadas pela literatura.

Quadro 10 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 6

Análise	%
1. Concordância	91,67
Concordo e Concordo totalmente	70,83
2. Discordância	8,33
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	0,00

Avaliando as respostas abertas, vários alunos consideraram que a gamificação “foi um método muito produtivo e interessante”; destacando que “eu acho que este módulo foi bom, criou aulas mais dinâmicas e interativas e chamou de certa forma mais interesse nos alunos” e que “a forma geral da gamificação dos conteúdos está boa”, ou “gostei da forma como os conteúdos foram apresentados”.

Outros referiram ainda que não há “nada a apontar”; que “foi incrível, que continue neste formato o módulo gamificado sobre "Alterações do Material Genético - Mutações"”. Um dos alunos referiu que este módulo deveria ser “aplicado a mais turmas e escolas”.

Embora identificando algumas áreas de melhoria na intervenção realizada, nenhum aluno mostrou desagrado com esta metodologia.

Por fim, tendo em conta as observações que realizei em sala durante a intervenção, notei que os alunos estiveram envolvidos ativamente nas atividades propostas, e que a diversidade de desafios contribuiu positivamente para as suas aprendizagens, embora o nível de empenho tenha variado de aluno para aluno e em função dos temas específicos de cada aula.

Tópico 7

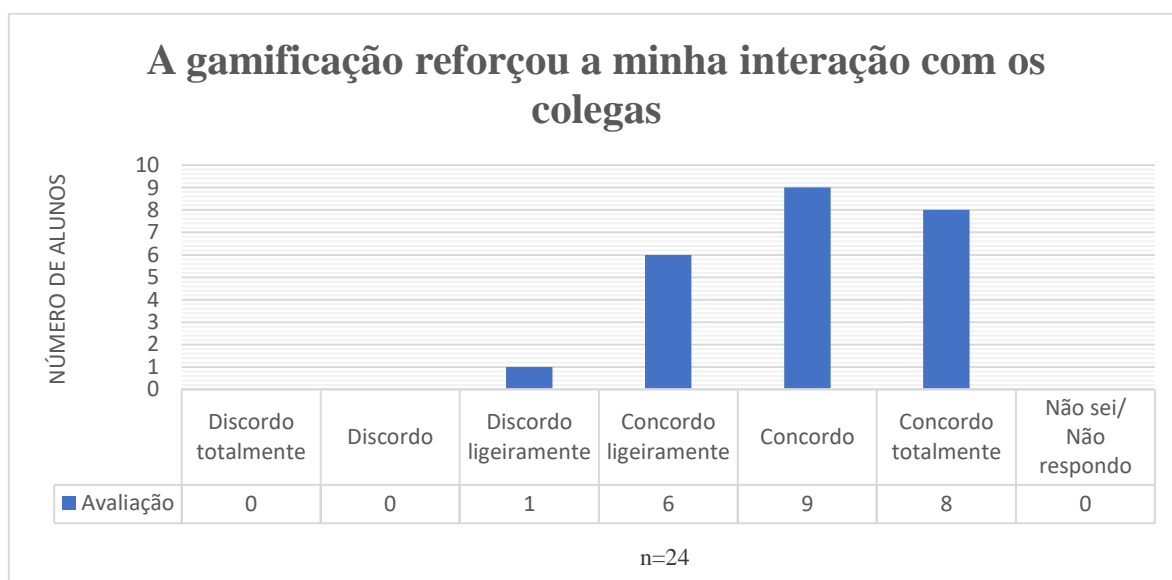


Gráfico 8 – Respostas dos alunos sobre o tópico 7: A gamificação reforçou a minha interação com os colegas?

Nesta questão os discentes foram chamados a avaliar se a gamificação reforçou as suas interações com os colegas, já que vários autores sugerem que esta metodologia pode desenvolver de forma eficaz as competências exigidas aos cidadãos do século XXI, como a colaboração, a comunicação, a criatividade ou o pensamento crítico (Mihladız Turhan & Açık Demirci 2021; Teixeira & Vasconcelos, 2024).

Vários estudos mostraram igualmente que a gamificação é uma abordagem que favorece as competências profissionais dos estudantes e reforça o sentido de comunidade, melhorando a forma como os conteúdos são aprendidos e aumentando o seu envolvimento na aprendizagem (Jurgelaitis *et al.*, 2019).

Quadro 11 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 7

Análise	%
1. Concordância	95,83
Concordo e Concordo totalmente	70,83
2. Discordância	4,17
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	0,00

Os resultados revelam que a larga maioria dos alunos (23 alunos) concorda com a afirmação (Gráfico 8). Esta é também uma das questões com maior número de respostas “Concordo totalmente”. Em sentido contrário, um dos alunos escolheu a opção “Discordo ligeiramente” (4,17%) (Quadro 11). Como nas questões anteriores, nenhum aluno escolheu as opções “Discordo” ou “Discordo totalmente”.

Considerando as opiniões escritas, verifica-se que o facto desta gamificação ter uma componente relevante de trabalhos em grupo foi do agrado dos alunos, o que está também de acordo com os resultados obtidos no tópico 3. Um referiu especificamente que “a parte prática em grupo nas aulas foi o que mais contribuiu para as aprendizagens realizadas, já que o trabalho prático em grupos faz com que os elementos trabalhem todos”. Outros referiram simplesmente “as atividades práticas”; “as apresentações em conjunto” ou “de grupo”, realçando que “as apresentações constantes contribuíram para fixar e estudar os conteúdos apresentados em sala”.

No mesmo sentido, um aluno destacou que “as apresentações de todos os temas abordados tornaram a consolidação de conhecimento muito mais fácil, para além de engraçado e interativo”. Ainda relacionado com a interação com os colegas, alguns alunos

referiram que o que mais contribuiu para as aprendizagens foram as “apresentações realizadas pelos colegas: conseguimos observar e aprender sobre vários casos e problemas” e “a participação interativa com os colegas”. Outros alunos referiram-se também ao desafio da missão atribuída a cada grupo e à parte prática em grupo nas aulas.

De uma forma global, e em sintonia com esta avaliação, constatei que o formato de jogo contribuiu significativamente para os alunos reforçarem as suas interações com os colegas, intra e inter grupos, tendo essa dinâmica sido visível em muitas das aulas, nomeadamente quando realizaram as apresentações, ou durante a discussão da questão-debate.

Tópico 8

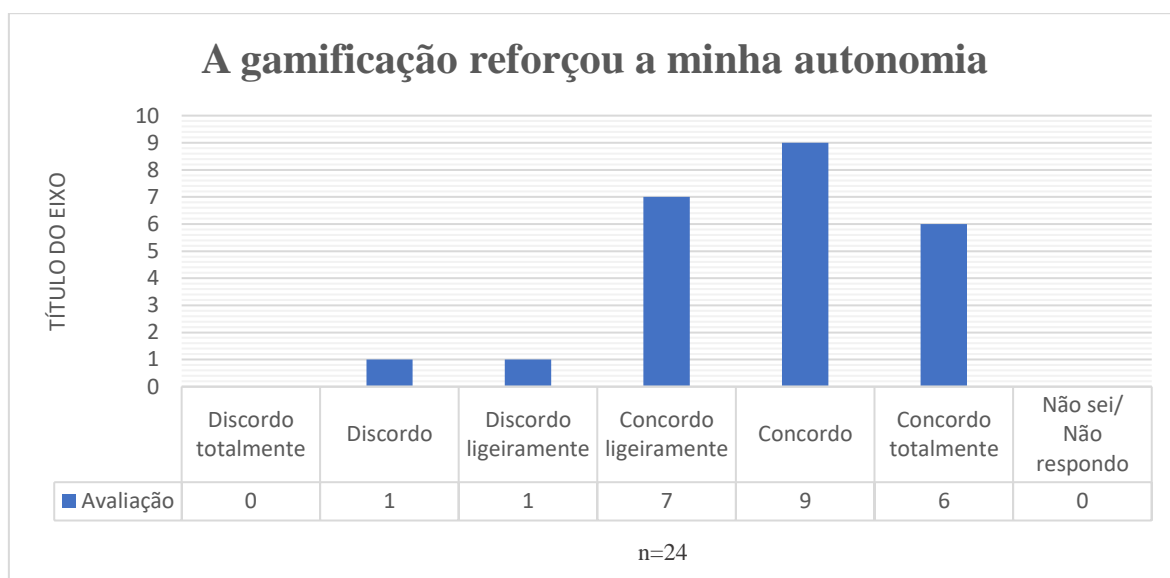


Gráfico 9 – Respostas dos alunos sobre o tópico 8: A gamificação reforçou a minha autonomia?

O desenvolvimento pessoal e a autonomia são uma das áreas de competências que os docentes devem promover nos alunos, com o documento PASEO a definir que estas competências “dizem respeito aos processos através dos quais os alunos desenvolvem confiança em si próprios, motivação para aprender, autorregulação, espírito de iniciativa e tomada de decisões fundamentadas” (Martins *et al.*, 2016, pg. 26).

No tópico oito, procurou-se recolher informação sobre o impacto da gamificação na autonomia dos alunos, nomeadamente se esta saiu reforçada da experiência vivenciada ao longo da intervenção. Como se pode verificar (Gráfico 9), 22 alunos estiveram de acordo com esta afirmação, distribuindo as suas avaliações entre “Concordo” (9 alunos), “Concordo totalmente” (6 alunos) e “Concordo ligeiramente (7 alunos).

Quadro 12 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 8

Análise	%
1. Concordância	91,67
Concordo e Concordo totalmente	62,50
2. Discordância	8,33
Discordo e Discordo totalmente	4,17
3. Não sei/ Não responde	0,00

O aspeto da autonomia foi igualmente destacado no *feedback* escrito, com vários alunos a referirem que o que mais gostaram foram os trabalhos de pesquisa e posterior apresentação das conclusões sobre os vários temas abordados, já que “(...) em parte, os trabalhos que tínhamos pareciam-nos, pelo menos a mim, uma simulação do mercado de trabalho onde, no final, tínhamos de mostrar os resultados”. Um aluno referiu especificamente que o que mais gostou foi ter “mais autonomia”. Outro realçou igualmente que “as apresentações sobre as aulas nos "obrigaram" a estudar e entender a matéria, e beneficiou-nos muito”. Foi também destacado pela positiva “a discussão que tivemos sobre o tema, o que, na minha opinião, torna-se algo mais autónomo para os alunos”.

Ainda relacionado com a autonomia e os desafios propostos na gamificação, outro aluno referiu que “gostei de realizar o artigo científico” e “a preparação do *powerpoint* sobre as legislações sobre os agentes cancerígenos”, numa referência à missão que os grupos tiveram de concretizar.

Esta foi, todavia, a única questão em que um aluno respondeu “Discordo” em todo o questionário. No total, dois alunos (8,33%) indicaram estar em desacordo com esta afirmação (Quadro 12).

Nas respostas abertas esta crítica não foi, contudo, referido por nenhum aluno. De igual forma, nas minhas observações não notei que esta metodologia tenha condicionado a autonomia dos alunos. Todavia, como referido anteriormente, o volume de trabalhos poderá ter originado uma perceção de menor autonomia.

Tópico 9

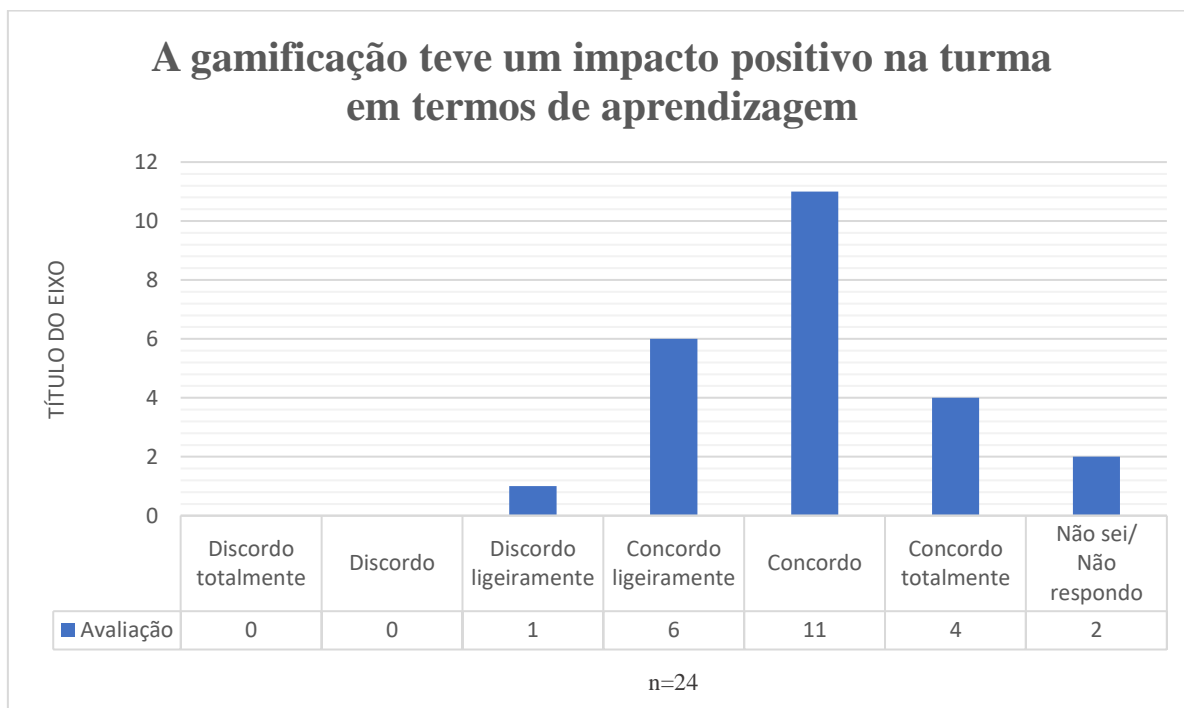


Gráfico 10 – Respostas dos alunos sobre o tópico 9: A gamificação teve um impacto positivo na turma em termos de aprendizagem?

O tópico 9 procurou avaliar se a gamificação teve um impacto positivo na turma em termos de aprendizagem. As respostas revelam novamente que os discentes consideraram que a intervenção cumpriu esse objetivo (Gráfico 10), com 21 alunos (87,5%) a concordarem com a afirmação, dos quais 62,5% a escolherem “Concordo” ou “Concordo totalmente”. Embora tenham sido apenas dois, esta foi a questão em que mais alunos escolheram “Não sei/não respondo”, e um selecionou a opção “Discordo ligeiramente”. Todavia, ninguém escolheu “Discordo” ou “Discordo totalmente” (Quadro 13).

A exemplo de todas as questões que procuraram conhecer a opinião dos alunos sobre este formato de jogo aplicado às atividades letivas, a avaliação foi globalmente positiva.

Quadro 13 – Percentagem global de concordância e discordância tópico 9

Análise	%
1. Concordância	87,50
Concordo e Concordo totalmente	62,50
2. Discordância	4,17
Discordo e Discordo totalmente	0,00
3. Não sei/ Não responde	8,33

No que respeita aos mecanismos que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas, dez alunos destacaram “os jogos” e “os jogos que se fizeram em sala”. Deste número, seis referiram-se especificamente ao *kahoot* “pois incentiva a competitividade saudável” e” são métodos inovadores que impulsionaram o ensino”.

Houve também destaque para “a visualização de vídeos”, e para “vídeos (e) artigos científicos”, assim como os “slides que foram apresentados”.

Relacionado ainda com o impacto deste formato nas aprendizagens da turma, dez alunos destacaram que “o que mais contribuiu foram as apresentações, quer individuais e de grupo” e “os trabalhos de pesquisa e apresentação”. Neste grupo, alguns alunos referiram “o poster de grupo” e “a atividade em que tivemos de organizar/colar e apresentar um cartaz sobre as mutações, ajudou-me a compreender melhor essa parte da matéria”.

A partir das minhas observações, notei que a gamificação contribuiu favoravelmente para as aprendizagens individuais, mas também para a dinâmica da turma. A dinâmica do grupo influencia o comportamento individual e vice-versa, o comportamento individual também influencia a dinâmica do grupo. Um dos momentos em que essa relação foi mais visível foi durante as apresentações: registei que a postura dos alunos se alterou significativamente sempre que os grupos a que pertenciam tinham intervenções, tornando-se mais exigentes com os colegas em termos de estarem atentos e em silêncio. Embora num registo de alguma leveza e brincadeira, verificou-se igualmente que valorizaram as apresentações dos outros grupos, aplaudindo no final das suas apresentações.

Fazendo uma análise “questionário a questionário”, constatei que um único aluno concentrou grande parte das avaliações menos favoráveis, tendo escolhido por seis vezes a opção “Discordo ligeiramente” e uma vez “Não sei/Não respondo”. Ou seja, as apreciações menos favoráveis relativas à gamificação vieram quase todas do mesmo aluno. A escolha da única resposta “Discordo” partiu, todavia, de um outro aluno.

Nos três quadros seguintes é feita, de forma estruturada, a sistematização das respostas abertas para as três questões finais e é identificada, por categoria e subcategoria, a frequência com que cada uma delas é referida. São ainda apresentados dois a três exemplos de cada uma dessas referências.

Quadro 14 – Aspetos da gamificação mais valorizados pelos alunos

Categoria	Subcategoria	Citações (exemplos)	Referências
Metodologias	Trabalhos em Grupo	"Os trabalhos de grupo incentivaram-nos a aprender mais nas aulas"; "Tudo se tornou melhor com o trabalho em grupo"	8
	Trabalhos / Apresentações	"Os trabalhos que tínhamos pareciam-nos (pelo menos a mim) uma simulação do mercado de trabalho onde, no final, tínhamos de mostrar os resultados"; "A preparação do powerpoint sobre as legislações sobre os agentes cancerígenos"	3
	Autonomia	"A maior autonomia"; "Discussão que tivemos sobre o tema, o que, na minha opinião, torna-se algo mais autónomo para os alunos"	3
	Competição	"A competição motivou a aprender"; "(...) puxou pelo meu lado competitivo, o que me levou a ter mais interesse pelas aulas e pela matéria"	2
	Aulas Práticas	"Foram as aulas mais práticas"; "Foi a parte prática do que realizámos em sala"	2
	Pressão	"Uma pressão simpática; onde os professores ajudavam-nos mas davam-nos a autonomia necessária"; "A pressão amigável que se criou".	2
	Avaliação	"Gostei do facto de não ter testes escritos"; "Não fazer um teste"	2
Desafios	Jogos	"Os jogos, pois foram bons para uma melhor aprendizagem dos conteúdos"; "A realização de jogos sobre a matéria"	8
	Posters	"Poster feito individual"; "O poster foi o meu favorito"	3
	Artigo Científico	"Gostei de realizar o artigo científico"	1
	Take Home Messages	"Acho que as apresentações sobre as aulas nos "obrigaram" a estudar e entender a matéria e beneficiou-nos muito"	1
Outros	Professor	"Os powerpoints do professor e a forma inovadora de explicar"; "Gostei da forma como os conteúdos foram apresentados"; "Aprender de uma forma menos "chata"	3
	Planificação	"Tudo, uma atividade diferente a cada aula reforçando a aprendizagem. Só tenho pena que o resto das aulas que tenho não sejam assim, mesmo em outras disciplinas". "As diferentes atividades tornaram as aulas muito mais interessantes / diversos e desafiantes trabalhos"	2
	Conteúdos	Dos conteúdos do tema "Alterações do material genético", o que eu mais gostei foi sobre as mutações e os vírus causadores de cancro, pois passei a entender mais sobre como a engenharia genética procura melhorar a nossa vida.	1

Quadro 15 – Áreas de melhoria mais referidas pelos alunos

Categoria	Subcategoria	Citações (exemplos)	Referências
Gestão de Atividades	Volume de trabalho	"Acho que a carga de trabalhos era um pouco grande, ainda por cima em grupo, que na minha opinião é mais difícil, pois é preciso a colaboração de todos e a disponibilidade"; "Fazermos menos trabalhos, que depois eram para ser feitos em casa, e fazer o trabalho na aula, gerando assim um dinamismo entre os colegas do grupo e entre os grupos, existindo um apoio entre todos".	11
	Tempo alocado às atividades	"Dar mais tempo em aula para preparar os trabalhos"; "O que se poderia melhorar é o facto de nos trabalhos em que se tinha de fazer pwp e apresentá-lo devia de haver mais tempo, para haver mais tempo de pesquisa para que assim houvesse uma maior absorção dos conteúdos.	3
	Coordenação com outras disciplinas	Outro aspeto melhorar é as datas de entrega dos trabalhos, deviam de ser faladas com todos para serem encaixadas no horário dos alunos, tendo em conta os outros testes das outras disciplinas.	1
Metodologias	Diversidade de Atividades	"Penso que se deve substituir uma das apresentações feitas por jogos, de modo a motivar mais. Por exemplo, um bingo ou um quis"; " Para melhorar este módulo poderíamos ter mais vídeos a demonstrar os conteúdos"; "Em vez das apresentações resumo realizadas pelas equipas, fizéssemos jogos interativos recapitulando as matérias dadas nas aulas passadas, dando-nos mais motivação para ir recapitulando as matérias e, assim, realizarmos uma aprendizagem mais continuada".	5
	Trabalho de grupo	A gamificação pode ser injusta pois o esforço do grupo ou a falta dele pode prejudicar um cole específico e ajudar quem não fez nada.	1
	Avaliação	"Uma avaliação individual e de grupo seria benéfica".	1

Quadro 16 – Mecanismos da gamificação que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas

	Subcategoria	Exemplos (citações)	Referências
Mecanismos	Jogos	"Os jogos que fizeram em sala"; "Os Kahoots, que são métodos inovadores que impulsionaram e ensino".	10
	Poster Individual	"O que contribui foi o poster, pois o trabalho de pesquisa que envolve elva a que o aluno pesquise sobre o tema e aobre a matéria em questão e que contribua para as aprendizagens"; "A realização do poster individual - forçou-nos a pesquisar sobre várias doenças".	8
	Trabalhos de Grupo	"As apresentações constantes contribuíram para fixar e estudar os conteúdos apresentados em sala". "Apresentações em grupo".	8
	Poster de Grupo	"A atividade que tivemos de organizar/colar e apresentar um cartaz sobre as mutações, ajudou-me a compreender melhor essa parte da matéria"; "Poster de grupo"	4
	Take Home Messages	As apresentações de todos os temas abordados torna a consolidação de conhecimento muito mais fácil, para além de engraçado e interativo. Os mecanismos que mais contribuíram foram as apresentações realizadas pelos colegas. Conseguimos observar e aprender sobre vários casos e problemas.	2
	Debate final	"Debate"	2
	Gamificação (geral)	"A motivação de ganhar fez-me aprender"; " O esquema de pontos"	2
	Vídeos	"A visualização de vídeos"; "Vídeos"	2
	Slide Kits	"Powerpoint das matérias". "Os slides que foram apresentados"	2
	Missão	A realização do pwp sobre a legislação europeia	1
	Presença de Especialistas	"Devo dizer que a aparição de especialistas foi algo incrível e que jamais esquecerei em condições normais. O facto de nos pensarmos(?) a nossa aprendizagem com as ferramentas certas é o futuro do ensino e foi algo bem feito, porque chego ao final disto tudo e sinto que sei".	1
	Artigo Científico	"Artigos científicos"	1

2. Grelha “Pontuações de DNA”

A grelha de Pontuações de DNA agrupa os alunos da turma de acordo com os grupos formados na primeira aula. Tivemos assim os 24 alunos repartidos por sete grupos: “Os Tarolas”; “Papoilas”; “João e Companhia”; “Mendel’s Peas”; “Butterfly”, “Tomás Turbando” e “Caranguejo”. A medida que a intervenção foi decorrendo e os grupos foram realizando as várias atividades/desafios, foram também acumulando “Pontos de DNA”. Os resultados enviados no início de cada semana correspondem ao somatório dos resultados do grupo e da participação individual.

Como referido no Guia Completo sobre a Gamificação do Conteúdo “Alterações do Material Genético – Mutações”, distribuído na aula inicial, o objetivo era acumular pontos para progredir ao longo dos quatro níveis existentes: “Explorador de Genes”, “Mestre de DNA”; “Guardião do Genoma” e “Herói Genético” e realizar, no final, uma apresentação à turma da missão que lhes foi atribuída. Procurou-se, com esta metodologia, gerar uma sensação de desafio que dinamizasse a participação individual e dos grupos.

Os elementos típicos dos jogos aqui aplicados foram os identificados na literatura sobre gamificação, nomeadamente no trabalho de Dicheva *et al.* (2015). Esses elementos são, todavia, transversais às inúmeras investigações que têm sido realizadas sobre este tema (Kalogiannakis *et al.*, 2021). No quadro 17 são apresentados exemplos dos princípios de *design* e mecanismos utilizados nesta intervenção.

Quadro 17 – Exemplos dos Princípios de *Design* e dos Mecanismos da gamificação aplicados

Princípios de <i>Design</i>	Exemplo
Status visível	Resultados semanais sempre disponíveis
Envolvimento Social	
Competição	Competição entre grupos
Colaboração	Trabalhos de grupo
Cooperação	Possibilidade de ajuda inter grupos
<i>Feedback</i> Rápido	Publicação Semanal de Resultados
Objetivos e desafios	Desafios em todas as aulas (<i>Kahoot</i> ; resolução de exercícios)
Acesso, desbloquear conteúdos	Necessidade de alcançar pontuações para passar de níveis
Mecanismos	Exemplo
Pontos	Atribuição de "Pontos de DNA"
Níveis	Definição de quatro níveis
Recompensas	Prémio para a turma
<i>Avatars</i>	Definição de um <i>Avatar</i> para cada grupo
Cronómetro	Definição de prazos para a realização das atividades

Ao longo das semanas foram sendo disponibilizados os resultados dos grupos, tendo a classificação final, apresentada em “Pontos de DNA”, sido a que se apresenta de seguida:

1º Tomás Turbando – 1575,00

2º Caranguejo – 1461,67

3º Mendel’s Peas – 1453,33

Quadro 18 – Resultados semanais da gamificação

GAMIFICAÇÃO

12º ANO / Turma A

Nº GRUPO	Aula 1			Aula 2			Aula 3				Aula 4			TOTAL GRUPOS	TOTAL ACUMULADO													
	KAHOOT		PARTICIPAÇÃO	DESAFIO GENÉTICO "MUTAÇÕES" - Artigo científico		PARTICIPAÇÃO	TAKE HOME MESSAGES		EXERCÍCIOS RESUMO	PARTICIPAÇÃO	TAKE HOME MESSAGES		QUESTÕES PARA ESPECIALISTA			PARTICIPAÇÃO												
	Data	200 pontos		Data	100 pontos		Data	100	50		Data	100	20															
OS TAROLAS	09/abr	20	15	11/abr	20	15	16/abr	0	40	20	15	0	20	15	30	60												
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	30	60					
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	30	60			
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	30	60		
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	30	60		
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
<i>Média</i>	170,00	15,00	90,00	15,00	290,00	0,00	40,00	15,00	-	20,00	15,00	90,00	380,00															
PAPOILAS	09/abr	20	15	11/abr	20	15	18/abr	0	40	20	15	0	0	20	15	30	60											
		15	15		15	15												15	15	15	15	15	30	60				
		15	15		15	15												15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15												15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60
		15	15		15	15												15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60
		15	15		15	15												15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60
<i>Média</i>	160,00	15,00	98,00	15,00	288,00	0,00	40,00	15,00	0,00	0,00	16,25	71,25	359,25															
JOÃO ECOMPANHIA	09/abr	20	15	11/abr	20	15	17/abr	0	40	20	10	0	15	15	25	55												
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	25	55					
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	35	65		
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
<i>Média</i>	150,00	15,00	60,00	15,00	240,00	0,00	40,00	13,75	0,00	15,00	15,00	83,75	323,75															
MENDEL'S PEAS	09/abr	20	15	11/abr	20	15	17/abr	0	40	20	20	80	0	15	40	80												
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	30	60			
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	60	
<i>Média</i>	160,00	18,33	90,00	18,33	286,67	0,00	40,00	18,33	80,00	0,00	18,33	156,67	443,33															
BUTTERFLY	10/abr	15	15	11/abr	15	15	17/abr	0	50	20	20	0	20	15	35	65												
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	35	65			
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
<i>Média</i>	160,00	15,00	95,00	15,00	285,00	0,00	50,00	20,00	0,00	20,00	15,00	105,00	390,00															
TOMÁS TURBANDO	10/abr	15	15	11/abr	15	15	18/abr	0	50	20	20	0	20	15	35	65												
		20	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	35	65			
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
<i>Média</i>	160,00	16,67	95,00	16,67	288,33	0,00	50,00	20,00	0,00	20,00	16,67	106,67	395,00															
CARANGUEJO	10/abr	15	15	11/abr	15	15	18/abr	0	50	20	20	0	20	15	35	65												
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	35	65		
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
		15	15		15	15											15	15	15	15	15	15	15	15	15	35	65	
<i>Média</i>	150,00	15,00	85,00	15,00	265,00	0,00	50,00	20,00	0,00	20,00	18,33	108,33	373,33															
158,57	15,71	87,57	15,71	44,29	17,44	13,57	16,37																					

GAMIFICAÇÃO

12º ANO / Turma A

Nº GRUPO	Aula 5				TOTAL GRUPOS	TOTAL ACUMULADO	Aula 6				Aula 7				TOTAL GRUPOS	TOTAL ACUMULADO	
	TAKE HOME MESSAGES	DESAFIO GENÉTICO	PARTICIPAÇÃO				TAKE HOME MESSAGES IV	MEET THE EXPERT I	PARTICIPAÇÃO		TAKE HOME MESSAGES V	MEET THE EXPERT II	PARTICIPAÇÃO				
	Data	100	100	20	SEMANA 3		Data	100	100	20		Data	100	100	20	SEMANA 4	
OS TAROLAS				5	5	65				20					20	40	105
				5	5	65				20					20	40	105
			100	15	15	75			100			100			20	40	115
				15	15	75					20				20	40	115
Média			100,00	10,00	110,00	490,00			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	730,00	
PAPOILAS				15	15	75				20					20	40	115
				15	15	75				20					20	40	115
			100	15	15	75			100			100			20	40	115
				15	15	80					20				20	40	120
Média			100,00	15,00	115,00	474,25			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	714,25	
JOÃO ECOMPANHIA	23/abr			15	15	70				20					20	40	110
				15	15	70				20					20	40	110
			100	15	15	80			100			100			20	40	120
				15	15	75					20				20	40	115
Média			100,00	15,00	115,00	438,75			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	678,75	
MENDEL'S PEAS				20	20	100				20					20	40	140
				20	20	80				20					20	40	120
			100	20	20	100			100			100			20	40	140
				20	20	100					20				20	40	140
Média		0,00	100,00	20,00	120,00	563,33			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	803,33	
BUTTERFLY				20	20	85				20					20	40	125
				20	20	85				20					20	40	125
			100	20	20	85			100			100			20	40	125
				20	20	85					20				20	40	125
Média			100,00	20,00	120,00	510,00			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	750,00	
TOMÁS TURBANDO	24/abr	100	100	20	20	85				20					20	40	125
				20	20	100				20					20	40	140
				20	20	85				20					20	40	125
				20	20	85					20				20	40	125
Média		100,00	100,00	20,00	220,00	615,00			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	855,00	
CARANGUEJO	24/abr	100	100	20	20	85				20					20	40	125
				20	20	90				20					20	40	130
				20	20	90				20					20	40	130
				20	20	90					20				20	40	130
Média		100,00	100,00	20,00	220,00	593,33			100,00	20,00			100,00	20,00	240,00	833,33	
			100,00	17,14				100,00	20,00			100,00	20,00				

GAMIFICAÇÃO

12º ANO / Turma A

Nº GRUPO	Aula 8					Aula 9 (e 11, parcial)					TOTAL GRUPOS	TOTAL ACUMULADO	Aula 10 E 11		Aula 12		TOTAL GRUPOS	TOTAL ACUMULADO
	TAKE HOME MESSAGES	APRESENTAÇÕES MISSÃO	PARTICIPAÇÃO			TAKE HOME MESSAGES	APRESENTAÇÕES MISSÃO	PARTICIPAÇÃO					APRESENTAÇÕES POSTERS	QUESTÃO - DEBATE				
	Data	100	Data	300	20	Data	100	Data	300	20	SEMANA 5		Data	200	Data	200	SEMANA 6	
OS TAROLAS	07/mai		07/mai	0	20			09/mai	200	20	40	145		83			83	228
				20	20				20	40	145	155		60		180	60	205
				20	20				20	40	155	189		186			186	341
				20	20				20	40	155	189		189			189	344
Média			0,00	20			200,00	20	240,00	970,00		129,50		195,00		324,50	1294,50	
PAPOILAS	07/mai		07/mai	0	20			11/mai	300	15	35	150		121			121	271
				20	20				15	35	150	150		129		200	129	279
				20	20				15	35	150	149		145			145	295
				20	20				15	35	155	149		149			149	304
Média			0,00	20,00			300,00	15,00	335,00	1049,25		136,00		200,00		336,00	1385,25	
JOÃO ECOMPANHIA	07/mai		07/mai	0	20	09/mai	80	11/mai	250	20	40	150		125			125	275
				20	20				20	40	150	160		0		180	0	150
				20	20				20	40	160	155		78			78	238
				20	20				20	40	155	169		169			169	324
Média			0,00	20,00		80,00		250,00	15,00	365,00	1043,75		93,00		195,00		288,00	1331,75
MENDEL'S PEAS	07/mai		07/mai	0	20			09/mai	300	20	40	180		130			130	310
				20	20				20	40	160	155		138		180	138	298
				20	20				20	40	180	180		123			123	303
				20	20				20	40	180	180		130			130	310
Média			0,00	20,00		0,00		300,00	20,00	340,00	1143,33		130,00		180,00		310,00	1453,33
BUTTERFLY	08/mai		08/mai	0	20			11/mai	250	15	35	160		188			188	348
				20	20				15	35	160	160		188		200	188	188
				20	20				15	35	160	193		193			193	193
				20	20				15	35	165	160		189,67			200,00	389,67
Média			0,00	20			250,00	15	285,00	1035,00		189,67		200,00		389,67	1424,67	
TOMÁS TURBANDO	08/mai		08/mai	0	20			09/mai	300	20	40	165		177			177	342
				20	20				20	40	180	165		172		200	172	352
				20	20				20	40	165	165		191			191	356
				20	20				20	40	165	165		177			177	342
Média			0,00	20,00			300,00	20,00	340,00	1195,00		180,00		200,00		380,00	1575,00	
CARANGUEJO	08/mai		08/mai	0	20			11/mai	200	15	35	160		200			200	360
				20	20				15	35	165	165		200		180	200	365
				20	20				15	35	165	165		200			200	365
				20	20				15	35	165	165		200			200	365
Média			0,00	20,00			200,00	15,00	235,00	1068,33		200,00		193,33		393,33	1461,67	
			0,00	20,00			257,14	17,14					151,17		194,76			

3. Avaliação Individual

Apresenta-se aqui a avaliação do poster individual realizado pelos alunos, o qual constituiu um dos desafios da intervenção e que serviu, igualmente, como um dos elementos de avaliação sumativa utilizados pela professora cooperante para as classificações do terceiro período.

Quadro 19 – Resultados da avaliação individual

12º ANO																	
Turma A																	
GRUPO	Nº	Poster										Apresentação					Total
		Título	Resumo	Palavras chave	Introdução	Desenvolvimento	Conclusão	Aspeto visual	Fontes	Regras	Correção Linguística	Informação científica	Clareza e objetividade de linguagem	Estratégias de motivação	Utilização da voz	Gestão do tempo	
		4	10	6	30	60	20	5	5	5	5	20	10	10	5	5	200
OS TAROLAS	14	3	5	0	10	20	5	3	4	3	3	10	6	3	3	5	83
	2	3	5	2	5	10	5	2	2	2	2	10	3	2	2	5	60
	9	4	10	6	30	55	20	3	5	4	5	20	8	7	4	5	186
	7	3	8	6	30	60	20	4	5	4	5	20	8	7	4	5	189
PAPOILAS	4	3	5	5	15	40	5	4	5	2	4	15	7	2	4	5	121
	6	3	5	5	25	35	10	4	5	3	3	10	7	5	4	5	129
	16	3	4	6	10	50	20	3	4	5	4	15	7	5	4	5	145
	18	3	5	5	25	45	15	4	5	4	3	15	7	4	4	5	149
JOÃO ECOMPANHIA	10	3	8	6	15	40	15	3	2	2	3	15	4	2	2	5	125
	8																0
	21	2	5	5	10	20	3	2	1	2	2	10	6	2	3	5	78
	15	3	8	6	25	55	15	4	5	4	4	20	8	4	3	5	169
MENDEL'S PEAS	13	3	5	5	20	40	10	3	3	2	3	15	8	4	4	5	130
	28	3	6	6	20	25	20	4	5	4	4	20	8	4	4	5	138
	5	3	7	6	15	30	10	3	5	3	3	15	8	8	5	2	123
BUTTERFLY	3	3	10	6	30	55	20	5	5	4	5	20	8	8	4	5	188
	20	4	9	6	30	55	20	5	5	4	5	20	8	8	4	5	188
	22	4	7	6	30	60	20	5	5	4	5	20	10	8	4	5	193
TOMÁS TURBANDO	19	4	7	6	20	60	20	4	5	4	5	20	8	5	4	5	177
	23	3	8	6	30	50	15	4	5	4	4	20	8	6	4	5	172
	24	3	10	6	30	60	20	4	5	4	5	20	8	7	4	5	191
CARANGUEJO	27	3	8	5	25	60	0	5	5	4	4	20	8	6	4	5	162
	26	3	10	6	25	50	15	4	5	5	4	15	7	6	4	5	164
	25	4	10	6	20	60	20	3	5	4	5	20	8	7	4	5	181
		3,17	7,17	5,30	21,52	45,00	14,04	3,70	4,39	3,52	3,91	16,74	7,30	5,22	3,74	4,87	14,34

Média turma: 14,3

Como referido na descrição das aulas, estas apresentações ocorreram na aula 10 (dois turnos de 100 minutos) e, parcialmente, na aula 11 (50 minutos). Em termos de resultados, a média da turma foi de 14,34 valores (ou 14,93 valores, se forem considerados apenas os alunos que afetivamente apresentaram o trabalho): três alunos obtiveram classificações inferiores a 10 valores; seis obtiveram entre 10 e 13 valores; cinco entre 14 e 17 valores e sete mais de 18 valores (aproximadamente 30% da turma). O aluno com NEE não entregou o trabalho e foi avaliado pela professora cooperante de outra forma.

Ao contrário dos trabalhos e apresentações de grupo, em que a dimensão de jogo e competição entre equipa estava mais presente, neste caso essa sensação não existiu e o ambiente foi estritamente centrado no desempenho individual.

Capítulo IV: Reflexão final

No decorrer desta investigação, procurou-se compreender quais as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações” em alunos do 12.º ano de Biologia. A partir deste objetivo global, foram definidas 3 questões de investigação:

- De que forma a gamificação motivou os alunos para a aprendizagem do domínio “alterações do material genético – mutações”?
- De que forma a gamificação contribuiu para aumentar o envolvimento dos alunos nas atividades propostas?
- Quais as principais dificuldades que os alunos sentiram com a gamificação destes conteúdos?

1. Enquadramento

Todos os alunos preencheram o questionário na aula final da intervenção. Todas as respostas foram consideradas válidas e nenhum aluno deixou respostas “em branco” nas questões fechadas.

Embora com naturais diferenças de opinião, a análise das respostas revela consistência nos resultados, quer individualmente, quer em termos globais, o que facilita a leitura destes dados e reforça as conclusões que se obtiveram. É interessante verificar que, em todos os questionários, apenas por quatro vezes (num total de $9 \times 24 = 216$ possibilidades) os alunos escolheram a opção “Não sei/não respondo”. Este perfil de *feedback* parece revelar que refletiram sobre a experiência em que participaram e se sentiram à vontade para partilhar, ainda que de forma anónima, as suas opiniões.

É igualmente relevante assinalar que em todas as questões houve sempre um grupo de alunos que concordou totalmente com as metodologias e atividades propostas no âmbito da gamificação (entre quatro e oito alunos, dependendo da questão), e que apenas por uma vez um dos alunos escolheu a opção “Discordo”. Nenhum aluno, independentemente da questão, escolheu a opção “Discordo totalmente”.

Quanto às questões abertas, 23 dos 24 alunos expressaram as suas opiniões sobre o que mais gostaram e o que poderia melhorar na intervenção. Ou seja, apenas um aluno não partilhou a sua opinião sobre o que mais gostou, ou sobre como a gamificação poderia ser melhorada.

2. Discussão

No artigo “What do all children and youth need to learn in order to succeed in the 21st century?”, a UNESCO identifica a educação em ciência como uma parte integral da educação para o século XXI (Force, 2013). Todavia, para cumprir esse desiderato, é necessário ultrapassar um dos problemas identificados no ensino destes conteúdos: o da educação em ciência criar emoções e experiências negativas nos alunos, levando à sua rejeição e abandono (Kalogiannakis *et al.*, 2021).

Para responder a este desafio, várias estratégias têm sido implementadas, entre as quais se encontra a gamificação.

Os benefícios que a gamificação oferece à educação em ciência são suportados por inúmeros estudos, nomeadamente na melhoria das atividades de aprendizagem, *outcomes* motivacionais, atitudes positivas, envolvimento, e melhoria de desempenho (por exemplo, Chans & Castro, 2021; Lobet *et al.*, 2020; Pearson, 2020). Está também amplamente descrito como a utilização de jogos consegue transformar atividades enfadonhas, centradas na memorização de conteúdos, noutras que criam ambientes educacionais dinâmicos, onde a participação, motivação, confiança e obtenção de conhecimentos são melhoradas (Abdulmajed *et al.*, 2015).

Todavia, nalgumas ocasiões os benefícios gerados não são reconhecidos de forma unanime e dependem dos componentes utilizados, visto que, como refere Acosta–Medina (2020), cada elemento ou combinação de elementos origina diferentes respostas nos discentes.

A análise e discussão dos resultados que a seguir se apresenta tem como base a problemática escolhida: avaliar as potencialidades da gamificação nas aprendizagens do domínio “Alterações do material genético – mutações” em alunos do 12.º ano de Biologia, assim como na resposta às três questões orientadoras previamente referidas.

- Primeiro, a partir da análise dos dados recolhidos podemos concluir que a abordagem dos conteúdos “Alterações do material genético – mutações”, num formato

gamificado, contribuiu para aumentar a motivação dos alunos do 12.º ano nas suas aprendizagens.

Estes resultados estão em linha com aquilo que a literatura refere sobre este tema, com esta a realçar que o propósito fundamental da gamificação é tirar partido dos elementos motivacionais dos jogos no contexto educacional (Kalogiannakis *et al.*, 2021) para proporcionar uma experiência agradável, envolvente e motivadora, e que reforce a capacidade de resolver problemas, o pensamento crítico e a motivação para aprender (Aleksic-Maslac *et al.*, 2017; Alsawaier, 2018; Prensky, 2001).

Pela análise dos dados obtidos nas respostas livres, verifica-se que a motivação acrescida para a aprendizagem destes conteúdos pode ter sido potencializada pela diversidade e relevância dos desafios propostos. Em especial, pela proposta de investigação de problemas reais relacionados com as mutações, pela presença de convidadas externas para conversar sobre as consequências das mutações na saúde humana, e pela análise do papel atual e futuro da engenharia genética na resolução das doenças genéticas. Todos estes desafios foram sobre temas atuais e polémicos, nos quais os alunos se conseguem rever. Com efeito, as apresentações individuais e de grupo sobre doenças genéticas foram dos elementos gamificados mais destacados, tendo contribuído provavelmente para facilitar as aprendizagens propostas.

Reforçando precisamente a importância da ligação afetiva dos alunos aos desafios que os professores planificam, Leite (2012) realça que atividades bem escolhidas e corretamente implementadas aumentam, sem dúvida, as probabilidades de aprendizagem com sucesso por parte dos alunos.

Este resultado é especialmente importante porque vários estudos identificam a motivação e o envolvimento dos discentes como fatores essenciais para que sejam alcançados níveis superiores de sucesso nas aprendizagens (Chans & Castro, 2021).

- Segundo, sobre a forma como a gamificação contribui para aumentar o envolvimento dos alunos nas atividades propostas, conclui-se que a utilização dos elementos tipicamente associados aos jogos, como a pontuação, a definição de objetivos ou a atribuição de missões, reforçaram esse envolvimento dos alunos.

Como refere Bond (2015), a gamificação aplicada à educação pretende incorporar aspetos dos jogos de lazer em ambiente escolar, com o objetivo de aumentar o envolvimento dos estudantes nas atividades académicas. E Zichermann e Cunningham (2011) referem que os mecanismos que se encontram nos jogos

funcionam como um motor motivacional do indivíduo, contribuindo para o seu envolvimento nos mais variados aspetos e ambientes. Foi precisamente isso que o que aconteceu durante esta intervenção.

Dos vários elementos utilizados, a publicação semanal dos resultados na *classroom* parece ter sido o que mais contribuiu para a criação de um “ambiente” gamificado, com vários alunos a referirem o esquema de pontos e a competição subjacente como tendo sido desafiantes.

A partir da análise das respostas constata-se, adicionalmente, que houve uma grande diversidade naquilo de que os alunos mais gostaram. Praticamente todas as atividades pedagógicas receberam uma avaliação positiva, assim como a própria diversidade das aulas. Esses destaques diversificados são muito relevantes e acabam por constituir um reconhecimento da forte ligação que se estabeleceu entre os elementos gamificados e as atividades realizadas.

- Terceiro, ainda relacionado com a forma como a gamificação contribuiu para aumentar o envolvimento dos alunos nas atividades propostas, podemos também concluir que este formato reforçou a autonomia dos alunos, o que poderá ter tido um impacto favorável em termos de aprendizagens.

De acordo com Ryan e Deci (2000), quando uma pessoa percebe uma sensação de autonomia, torna-se mais interessada na atividade e sente mais confiança em se envolver nela, o que melhora a sua performance e aumenta a persistência na realização da mesma. Na revisão de mais de uma dezena de estudos, Li *et al.* (2024) concluem igualmente que a gamificação exerce um efeito positivo na percepção dos estudantes relativamente à sua autonomia.

Também aqui, os resultados obtidos parecem estar em sintonia com as conclusões dos investigadores. Essa sintonia poderá ser observada na análise dos dados obtidos no questionário, onde uma larga maioria de alunos referiu que a intervenção aumentou a sua autonomia, e nas observações realizadas em sala. Aí, os trabalhos elaborados e a discussão final sobre a “Questão – debate” foram as atividades que mais contribuíram para reforçar essa percepção. Adicionalmente, os resultados da avaliação relativa ao poster “Doenças genéticas e a Engenharia genética”, na qual os alunos tinham total liberdade para escolherem o tema e a forma como o elaboravam, mostrou que essa autonomia esteve associada a bons desempenhos individuais. Todavia, a natureza do trabalho, que não possibilitava a existência de um grupo comparador ou

de uma avaliação prévia sobre os tópicos, tornou difícil estabelecer uma ligação clara entre os resultados, a gamificação e a autonomia dos alunos.

- Quarto, adicionalmente, a gamificação destes conteúdos permitiu desenvolver várias das áreas de competência definidas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), nomeadamente a do relacionamento interpessoal.

O facto da gamificação ter apresentado uma componente relevante de trabalhos de grupo, e de interação com os colegas, visou que os alunos fossem capazes de adequar comportamentos em contexto de cooperação, partilha, colaboração e competição, e fossem capazes de trabalhar em equipa, desenvolvendo *soft skills*, como a empatia, a tolerância ou a aceitação de diferentes pontos de vista, precisamente como o PASEO propõe (Martins *et al.*, 2016). Esses objetivos estiveram subjacentes à gamificação e, quando avaliada a intervenção nesta perspetiva, conclui-se que essas competências foram igualmente reforçadas.

- Quinto, foram claramente identificadas as principais dificuldades sentidas pelos alunos com a gamificação destes conteúdos, todas relacionadas com a gestão da intervenção: realização de demasiados trabalhos e pouco tempo em sala para os grupos os terminarem.

Estas áreas de melhoria são muito relevantes e permitirão aperfeiçoar significativamente novas implementações do módulo em turmas de Biologia do 12.º ano. Adicionalmente, constituem importantes *insights* para a atividade docente, numa perspetiva mais alargada.

Com efeito, a gestão do volume de trabalho exigido aos alunos é um aspeto muito relevante e que deve ser tido em conta na definição das atividades letivas. Esta preocupação aplica-se não apenas à disciplina que lecionamos, mas a todo o currículo que os alunos cumprem, independentemente do ano e período letivo, visto poder ter um impacto negativo na saúde mental dos estudantes. Está também em sintonia com as recomendações das autoridades de saúde.

Como referem Cowie e Myers (2020) e Ford *et al.* (2021), as preocupações e o foco em torno da saúde psicológica e bem-estar das crianças e jovens têm vindo a aumentar nas últimas décadas, tendo atingido um pico com a pandemia do Covid-19. Citando dados da Organização Mundial de Saúde (2021), Gaspar *et al.* (2023) referem que, um ano após o início da pandemia Covid-19, estimava-se que um em cada 7

jovens, entre os 10 e os 19 anos, sofresse de uma perturbação psicológica. Este mesmo grupo de investigadores, publicando resultados de uma consulta a escolas portuguesas sobre saúde psicológica e bem-estar refere que, no ensino básico e secundário, 25,8% dos alunos afirmam sentir-se tristes várias vezes por semana ou quase todos os dias, enquanto 31,8% se sentem irritáveis ou de mau humor, e 37,4% se sentem nervosos. Além disso, 32,9% referem sentir uma tristeza tão grande que parecem não aguentar, pelo menos uma vez por mês (Gaspar *et al.*, 2023). Englobado numa intervenção mais vasta de proteção da saúde mental dos discentes, o cuidado com a quantidade de trabalhos propostos aos estudantes deve por isso ser também tida em consideração, já que a relação entre um elevado volume de trabalho e a degradação da saúde mental e física está bem estabelecida (Porru *et al.*, 2022; Rummell, 2015).

Para além destes aspetos, foram ainda apresentadas pelos discentes outras sugestões de melhorias. Concretamente, foram propostos mais jogos, mais debates, visionamento de vídeos pedagógicos e temas mais diversificados para os trabalhos de grupo.

Globalmente, todas estas sugestões, relacionadas como o volume de trabalho e com a introdução de outras atividades, poderão ser integradas com relativa facilidade numa futura intervenção gamificada deste tipo, permitindo ir fazendo *fine tunnings* ao longo de sucessivas intervenções.

Para além dos resultados e da análise realizada no âmbito deste trabalho, será igualmente importante estar atento a novas investigações e debates sobre a gamificação aplicada ao ensino, já que alguns autores referem que existe um *bias* de publicações centradas nos benefícios e uma excessiva valorização dos pontos fortes da gamificação, em detrimento das suas limitações e desvantagens. Com efeito, alguns investigadores argumentam que a gamificação perturba a aprendizagem, introduzindo distrações sem propósito, criando um *stress* desnecessário, e não tendo em consideração as necessidades pedagógicas específicas de alguns alunos (Rabah *et al.*, 2018). São também apontadas limitações relacionadas com os aspetos técnicos da gamificação, quando esta está assente em formatos digitais (Kalogiannakis *et al.*, 2021). É por isso necessário continuar a investigar a gamificação em diferentes áreas e níveis académicos, em especial na educação em ciências, sendo o *feedback* dos alunos crucial para essa avaliação.

3. Conclusão

Vários investigadores defendem que há uma ligação direta entre a gamificação e uma melhoria global da experiência de aprendizagem dos alunos o que, dessa forma, melhora os seus resultados académicos (Fleischman & Ariel, 2016; Legaki *et al.*, 2020).

A análise dos resultados obtidos nesta intervenção de pequena escala parece estar em linha com essas investigações. Mais concretamente, que as características típicas da gamificação, aqui aplicadas, reforçaram a motivação, envolvimento e autonomia dos alunos de uma turma do 12.º ano de Biologia, na aprendizagem do domínio “Alterações do material genético – mutações”. Estes resultados realçam também que as interações sociais *intra* e *inter* grupos foram melhoradas, e que os alunos tiraram prazer em terem participado nesta intervenção.

As áreas de melhoria apontadas pela turma foram comuns à maioria dos alunos e não estiveram ligadas especificamente à gamificação, mas antes à quantidade de trabalhos propostos ao longo da intervenção, e ao tempo disponibilizado para a realização dos mesmos. São, todavia, muito relevantes, não apenas porque uma gestão mais equilibrada poderá tornar toda a experiência mais motivante e eficaz, como também porque estão ligadas ao bem-estar psicológicos dos alunos, um dos tópicos a que os docentes devem estar particularmente atentos.

Nesta intervenção, a maioria dos alunos nunca tinha vivenciado experiências de gamificação no ensino, pelo que os resultados devem ser lidos à luz dessa informação: fornecem indicadores para este perfil de alunos, e para este ano de escolaridade. É natural que alunos com mais experiências prévias possam fornecer diferentes avaliações, em função das suas vivências e expectativas. Adicionalmente, uma intervenção mais assente em conteúdos digitais poderá também fornecer resultados distintos.

Vivemos numa vertigem de mudança em que o futuro é difícil de prever. As experiências realizadas durante o período de confinamento devido ao Covid-19 mostraram, contudo, que os professores e o sistema de ensino têm uma enorme capacidade de se adaptarem e darem resposta aos desafios mais inesperados. A gamificação é mais uma metodologia que poderá ajudar os docentes nesse trabalho. O desenvolvimento de programas com conteúdos gamificados, *online*, presenciais ou *blended*, poderão ser um contributo para melhorar as aprendizagens dos alunos, e a

experiência e avaliação dessas utilizações poderá depois contribuir para corrigir e otimizar esses conteúdos.

Finalmente, a flexibilidade desta abordagem é outra conclusão que se poderá retirar desta intervenção, já que se consegue integrar com naturalidade em muitas das propostas pedagógicas que aprendemos ao longo do mestrado em Ensino de Biologia e Geologia. No caso concreto, na metodologia dos 5Es (Bybee *et al.*, 2006) e na aprendizagem ativa, que colocam o aluno no centro das suas aprendizagens. Subjacente está o objetivo de dar resposta ao desafio inicial desta investigação: proporcionar um ensino mais interessante, envolvente, motivador e eficaz, e que desenvolva algumas das competências exigidas para os cidadãos no século XXI, nomeadamente a criatividade, o pensamento crítico, o trabalho em equipa, a capacidade de comunicação e a literacia científica.

•

Enquanto futuro docente, procurei fazer uma investigação que estivesse orientada pelo espírito e conteúdos do mestrado em ensino de Biologia e Geologia. O objetivo foi criar condições que estimulassem a curiosidade dos alunos, neste caso sobre a importância e impacto das mutações na vida e saúde humanas, e contribuir para que desenvolvessem um sentido crítico, e opiniões fundamentadas, sobre uma temática que vai ter uma presença cada vez mais relevante nas suas vidas.

Relativamente às minhas aprendizagens, destaco adicionalmente a importância da planificação inicial das aulas – para ter bem claros os caminhos e objetivos que procuramos alcançar ao longo da intervenção -, mas também a de manter um espírito aberto e flexível, que permita introduzir alterações de acordo com a dinâmica da própria turma. Relativamente a isso, o diálogo aberto e frequente com a professora cooperante, ouvindo e integrando as suas sugestões, foi um fator crítico de sucesso ao longo de toda a intervenção.

Sobre a melhor forma de cultivar a curiosidade e vontade de aprender dos discentes, sabemos que não há nenhuma fórmula mágica, nem soluções que se apliquem a todos os alunos, em todas as escolas. Como aprendemos, é preciso que os docentes insistam na sua formação, testando e melhorando a forma como ministram as suas aulas, sabendo que também nós vamos mudando, e que em cada ano ocorrem alterações nas sociedades e nas tecnologias que lançam novos desafios aos professores e às escolas. Esse espírito inquieto é por isso indispensável para nos mantermos relevantes enquanto

docentes. E claro, investir em cada aula a nossa competência, energia e, como diz a canção, o nosso “brilhozinho nos olhos”.

Referências Bibliográficas

- Abdul Rahman, M. H., Ismail Yusuf Panessai, I., Mohd Noor, N. A. Z., & Mat Salleh, N. S. (2018). Gamification Elements And Their Impacts On Teaching And Learning – A Review. *The International Journal of Multimedia & Its Applications*, 10(06), 37–46. <https://doi.org/10.5121/ijma.2018.10604>
- Abdulmajed, H., Park, Y. S., & Tekian, A. (2015). Assessment of educational games for health professions: A systematic review of trends and outcomes. *Medical Teacher*, 37(sup1), S27–S32. <https://doi.org/10.3109/0142159x.2015.1006609>
- Acosta-Medina, J. K., Torres-Barreto, M. L., & Mileidy Alvarez-Melgarejo. (2020). Literature mapping about gamification in the teaching and learning processes. *Revista ESPACIOS*, 41(11).
- AddGene. (n.d.). *Addgene: Promoters*. Wwww.addgene.org. Retrieved July 16, 2024, from <https://www.addgene.org/mol-bio-reference/promoters/>
- Aerssens, J., Armstrong, M., Gilissen, R., & Cohen, N. (2001). The Human Genome: An Introduction. *The Oncologist*, 6(1), 100–109. <https://doi.org/10.1634/theoncologist.2001-0100>
- Aleksic-Maslac, K., Vranesic, P., & Sinkovic, B. (2017). *Influence of gamification on student engagement in education*. *International Journal of Education and Learning Systems*, 2.
- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science : perspectives & resources*. Ships Education Press.
- Alsawaier, R. S. (2018). The effect of gamification on motivation and engagement. *International Journal of Information and Learning Technology*, 35(1), 56–79. <https://doi.org/10.1108/ijilt-02-2017-0009>
- André, M., & Pontin, M. (1998). O diário reflexivo, Avaliação e Investigação Didática. *Aval. Pol. Públ. Educ.*, Vol. 6(21), 447–462.
- Aulestia-Viera, P. V., Alves, I. D. C., Chicrala, G. M., Santos, P. S. da S., & Junior, L. A. V. S. (2020). Manejo odontológico del paciente con anemia falciforme: revisión integrativa. *Revista Odontología*, 22(2), 92–107. <https://doi.org/10.29166/odontologia.vol22.n2.2020-92-107>
- Baeten, M., Struyven, K., & Dochy, F. (2013). Student-centred teaching methods: Can they optimise students' approaches to learning in professional higher education? *Studies in Educational Evaluation*, 39(1), 14–22.

- <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2012.11.001>
- Bailey, R. (2018). *Translation: Making Protein Synthesis Possible*. ThoughtCo.
<https://www.thoughtco.com/protein-synthesis-translation-373400>
- Barbosa, A. (2012). A relação e a comunicação interpessoais entre o supervisor pedagógico e o aluno estagiário. *Comum.rcaap.pt*.
<http://hdl.handle.net/10400.26/2472>
- Bergemann, A., Cole, F., & Hirschhorn, K. (2005). The etiology of Wolf-Hirschhorn syndrome. *Trends in Genetics*, 21(3), 188–195.
<https://doi.org/10.1016/j.tig.2005.01.008>
- Bogdan, R. C., & Biklne, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Bond, L. (2015). *Mathimagicians quest: applying game design concepts to education to increase school engagement for students with emotional and behavioral disabilities* [Doctoral dissertation].
- Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global Cancer Statistics 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3). <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- Brophy, J. (2010). *Motivating students to learn*. Routledge.
- Brovarets, O. O., & Hovorun, D. M. (2018). Renaissance of the Tautomeric Hypothesis of the Spontaneous Point Mutations in DNA: New Ideas and Computational Approaches. *InTech EBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77366>
- Bruford, E. A., Braschi, B., Denny, P., Jones, T. E. M., Seal, R. L., & Tweedie, S. (2020). Guidelines for human gene nomenclature. *Nature Genetics*, 52(8), 754–758.
<https://doi.org/10.1038/s41588-020-0669-3>
- Buckley, P., & Doyle, E. (2014). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1162–1175.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2014.964263>
- Bunn, H. F. (1997). Pathogenesis and Treatment of Sickle Cell Disease. *New England Journal of Medicine*, 337(11), 762–769.
<https://doi.org/10.1056/nejm199709113371107>
- Bybee, R.W.; J.A. Taylor, A. Gardner, P. Van Scotter, J. Carlson Powell, A. Westbrook, and N. Landes, N (2006). BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. A report prepared for the Office of Science Education, National

- Institutes of Health. Colorado Springs, CO: BSCS. (n.d.).
- Bybee, R. (2014). The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children*, 051(08). https://doi.org/10.2505/4/sc14_051_08_10
- Central dogma of molecular biology. (2022, February 25). Wikipedia. https://simple.wikipedia.org/wiki/Central_dogma_of_molecular_biology#/media/File:Centraldogma_nodetails.png
- Cerruti Mainardi, P. (2006). Cri du Chat syndrome. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 1(1), 33. <https://doi.org/10.1186/1750-1172-1-33>
- Chans, G. M., & Portuguese Castro, M. (2021). Gamification as a Strategy to Increase Motivation and Engagement in Higher Education Chemistry Students. *Computers*, 10(10), 132. <https://doi.org/10.3390/computers10100132>
- Compton, D. A. (2011). Mechanisms of aneuploidy. *Current Opinion in Cell Biology*, 23(1), 109–113. <https://doi.org/10.1016/j.ceb.2010.08.007>
- Contributors to Wikimedia projects. (2011). *Explanation of the flow of genetic information within a biological system*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://simple.wikipedia.org/wiki/Central_dogma_of_molecular_biology
- Cooper, G. M., & Adams, K. W. (2023). *The cell : a molecular approach*. Oxford University Press.
- Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2016). *The Cell: A Molecular Approach*.
- Coutinho, C. P. (2008). A qualidade da investigação educativa de natureza qualitativa: questões relativas à fidelidade e validade. *Educação Unisinos*, 12(1), 5–15.
- Cowie, H., & Myers, C. (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Mental Health and Well-being of Children and Young People. *Children & Society*, 35(1), 62–74. <https://doi.org/10.1111/chso.12430>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry & Research Design*. Sage Publications, Inc.
- Crick, F. H. (1970). *Central Dogma of Molecular Biology* (pp. 561–563). *Nature*, 227.
- Dawkins, R. (2008). *River Out Of Eden: a Darwinian View of Life*. Basic Books.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11*, 11, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dias, J. (2017). Teaching operations research to undergraduate management students: The role of gamification. *The International Journal of Management Education*,

- 15(1), 98–111. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.01.002>
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in education: A systematic mapping study. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(3), 75–88.
- Diercks, C. S., Dik, D. A., & Schultz, P. G. (2021). Adding new chemistries to the central dogma of molecular biology. *Chem*, 7(11), 2883–2895. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2021.09.014>
- Ezkurdia, I., Juan, D., Rodriguez, J. M., Frankish, A., Diekhans, M., Harrow, J., Vazquez, J., Valencia, A., & Tress, M. L. (2014). Multiple evidence strands suggest that there may be as few as 19 000 human protein-coding genes. *Human Molecular Genetics*, 23(22), 5866–5878. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddu309>
- Fernandez-Rio, J., de las Heras, E., González, T., Trillo, V., & Palomares, J. (2020). Gamification and physical education. Viability and preliminary views from students and teachers. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 25(5), 1–16. <https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1743253>
- Figueiredo, A. (2021). *Que futuro para a educação pós-pandemia? Um balanço projetivo*. In Estado da Educação. Conselho Nacional da Educação, pp. 252-259.
- Figueroa-Flores, J. F. (2016). Gamification and Game-Based Learning: Two Strategies for the 21st Century Learner. *World Journal of Educational Research*, 3(2), 507. <https://doi.org/10.22158/wjer.v3n2p507>
- Fleischmann, K., & Ariel, E. (2016). Gamification in Science Education: Gamifying Learning of Microscopic Processes in the Laboratory. *Contemporary Educational Technology*, 7(2), 138–159.
- Force, L. M. T. (2013). *Toward universal learning. Montreal, Washington: Recommendations from the Learning Metrics Task Force*.
- Ford, T. (2021). The Role of Schools in Early Adolescents' Mental Health: Findings From the MYRIAD Study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 60(12). <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2021.02.016>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Galiza Neto, G. C. de, & Pitombeira, M. da S. (2003). Aspectos moleculares da anemia falciforme. *Jornal Brasileiro de Patologia E Medicina Laboratorial*, 39(1).

<https://doi.org/10.1590/s1676-24442003000100011>

- Gaspar, M., Cátia Branquinho, Noronha, C., Moraes, B., Gaspar, T., & Nuno Neto Rodrigues. (2023a). Observatory Of Psychological Health And Well-Being: Monitoring And Action In Portuguese Schools. *Psicologia, Saúde & Doenças/Psicologia, Saúde & Doenças*, 24(03), 843–854. <https://doi.org/10.15309/23psd240305>
- Gaspar, M., Cátia Branquinho, Noronha, C., Moraes, B., Gaspar, T., & Nuno Neto Rodrigues. (2023b). Psychological Well-Being And Health: A Consultation Of Portuguese Schools. *Psicologia, Saúde & Doenças/Psicologia, Saúde & Doenças*, 24(03), 855–868. <https://doi.org/10.15309/23psd240306>
- Goldstein, D. B. (2022). *The End of Genetics*. Yale University Press.
- Gyngell, C., Douglas, T., & Savulescu, J. (2016). The Ethics of Germline Gene Editing. *Journal of Applied Philosophy*, 34(4), 498–513. <https://doi.org/10.1111/japp.12249>
- Hanahan, D., & Weinberg, R. A. (2000). The Hallmarks of Cancer. *Cell*, 100(1), 57–70. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)81683-9](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)81683-9)
- Hanahan, D., & Weinberg, Robert A. (2011). Hallmarks of cancer: the next Generation. *Cell*, 144(5), 646–674. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.02.013>
- Huber, R. A., & Moore, C. J. (2001). A Model for Extending Hands-On Science to Be Inquiry Based. *School Science and Mathematics*, 101(1), 32–42. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2001.tb18187.x>
- Jesus Regateiro, F. (2003). *Manual de Genética Médica*. Imprensa da Universidade de Coimbra / Coimbra University Press.
- Jurgelaitis, M., Čeponienė, L., Čeponis, J., & Drungilas, V. (2018). Implementing gamification in a university-level UML modeling course: A case study. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(2), 332–343. <https://doi.org/10.1002/cae.22077>
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Kapp, K. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Wiley.
- Keightley, P. D. (2012). Rates and Fitness Consequences of New Mutations in Humans. *Genetics*, 190(2), 295–304. <https://doi.org/10.1534/genetics.111.134668>

- Khan Academy. (2024). *Gene expression central dogma. The stages of translation*. Khan Academy. <https://pt.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/translation-polypeptides/a/the-stages-of-translation>
- Kingsley, T. L., & Grabner-Hagen, M. M. (2015). Gamification. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 59(1), 51–61. <https://doi.org/10.1002/jaal.426>
- Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*, 45(1), 191–210. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>
- Kondrashov, A. S. (2002). Direct estimates of human per nucleotide mutation rates at 20 loci causing mendelian diseases. *Human Mutation*, 21(1), 12–27. <https://doi.org/10.1002/humu.10147>
- Landers, R. N., Armstrong, M. B., & Collmus, A. B. (2017). How to Use Game Elements to Enhance Learning: Applications of the Theory of Gamified Learning. *Serious Games and Edutainment Applications*, 457–483. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_21
- Laura El Nacheff, Bouchet, A., Bourguignon, M., & Foray, N. (2024). When DNA Mutations Interplay with Cellular Proliferation: A Narrative History of Theories of Carcinogenesis. *Cancers*, 16(11), 2104–2104. <https://doi.org/10.3390/cancers16112104>
- Lederman, N., Wade, P., & Bell, R. L. (1998). *Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective*. In *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 331–350). (pp. 331–350).
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 146.
- Legaki, N.-Z., Xi, N., Hamari, J., Karpouzis, K., & Assimakopoulos, V. (2020). The effect of challenge-based gamification on learning: An experiment in the context of statistics education. *International Journal of Human-Computer Studies*, 144, 102496. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102496>
- Leite, S. (2012). Temas em Psicologia. *Temas Em Psicologia*, 20(2), 355–368. <https://doi.org/10.9788/TP2012.2-06>
- Li, L., Khe Foon Hew, & Du, J. (2024). Gamification enhances student intrinsic motivation, perceptions of autonomy and relatedness, but minimal impact on competency: a meta-analysis and systematic review. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10337-7>

- Limantara, N., Hidayanto, A. N., & Prabowo, H. (2019). The elements of gamification learning in higher education: A systematic literature review. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(2), 982-991. (n.d.).
- Liu, P. P. (2023). *Oncogene*. Genome.gov. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Oncogene>
- Lobet, G., Descamps, C., Leveau, L., Guillet, A., & Rees, J. (2020). QuoVidi: An open-source web application for the organization of large-scale biological treasure hunts. *Ecology and Evolution*, 11(8), 3516–3526. <https://doi.org/10.1002/ece3.7130>
- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C.A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A., & Scott, M.P. (2013). *Molecular Cell Biology*. Freeman and Company, NY, Seventh Edition.
- Loganathan, P., Corrienna, A., Talib, Khar Thoe, N., Aliyu, F., & Zawadski, R. (2019). *Implementing Technology Infused Gamification in Science Classroom: A Systematic Review and Suggestions for Future Research* (pp. 60–73).
- Manzano-León, A., Camacho-Lazarraga, P., Guerrero, M. A., Guerrero-Puerta, L., Aguilar-Parra, J. M., Trigueros, R., & Alias, A. (2021). Between Level Up and Game Over: A Systematic Literature Review of Gamification in Education. *Sustainability*, 13(4), 2247. <https://doi.org/10.3390/su13042247>
- Marques, H. R., Campos, A. C., Andrade, D. M., & Zambalde, A. L. (2021). Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 26(3), 718–741.
- Martins, G. D. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J., Pedroso, J. V., Camilo, J. L. A., Silva, L. M. U., ... & Nery, R. F. V. (2016). *Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Ministério de Educação e Ciência: Lisboa, Portugal.
- Mason, A. S., & Wendel, J. F. (2020). Homoeologous Exchanges, Segmental Allopolyploidy, and Polyploid Genome Evolution. *Frontiers in Genetics*, 11, 1014. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.01014>
- Massário, Henrique, C., Graziela Frainer Knoll, & Taís Steffenello Ghisleni. (2019). Gamificação como prática de ensino. *Research, Society and Development*, 8(7), e12871109–e12871109. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i7.1109>
- Matias, O., & Martins, P. (2023). *BioFoco 12 - Parte 1*. Areal - Escola Virtual.
- Mıhladıız Turhan, G., & Açıık Demirci, I. (2021). What Are the 21st-Century Skills for

- Pre-service Science and Mathematics Teachers: Discussion in the Context of Defined 21st-Century Skills, Self-skills and Education Curricula. *Journal of Educational Issues*, 7(1), 92. <https://doi.org/10.5296/jei.v7i1.18278>
- Moraes, F., & Góes, A. (2016). A decade of human genome project conclusion: Scientific diffusion about our genome knowledge. *Biochemistry and Molecular Biology Education: A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 44(3), 215–223. <https://doi.org/10.1002/bmb.20952>
- Moura, B. A. (2021). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História Da Ciência*, 7(1), 32–46. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>
- Muss, B., & Schwanitz, G. (2007). Characterization of Inversions as a Type of Structural Chromosome Aberration. *International Journal of Human Genetics*, 7(2), 141–161. <https://doi.org/10.1080/09723757.2007.11885994>
- National Human Genome Research Institute. (2020). *Genetics-glossary/Mutation*. National Human Genome Research Institute (NHGRI); Genome.gov. <https://www.genome.gov/>
- Nemoto, T., & Beglar, D. (2014). Likert-scale questionnaires. *JALT2013 Conference Proceedings., Vol. 108*(No. 1), pp. 1-6.
- Nóvoa, A. (2004). *Novas disposições dos professores. A escola como lugar da formação*. II Congresso de Educação do Marista de Salvador.
- Nóvoa, A., & Alvim, Y. C. (2021). OS PROFESSORES DEPOIS DA PANDEMIA. *Educação & Sociedade*, 42. <https://doi.org/10.1590/es.249236>
- Orhan Göksün, D., & Gürsoy, G. (2019). Comparing success and engagement in gamified learning experiences via Kahoot and Quizizz. *Computers & Education*, 135(1), 15–29. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.015>
- Orr, B., Godek, K. M., & Compton, D. (2015). Aneuploidy. *Current Biology*, 25(13), R538–R542. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.05.010>
- Otto, S. P., & Whitton, J. (2000). POLYPLOID INCIDENCE AND EVOLUTION. *Annual Review of Genetics*, 34(1), 401–437. <https://doi.org/10.1146/annurev.genet.34.1.401>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers. An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*, 23(5), 1849–1871. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>

- Pearson, R. J. (2020). Online Chemistry Crossword Puzzles prior to and during COVID-19: Light-Hearted Revision Aids That Work. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 3194–3200. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00645>
- Pierce, B. A. (2013). *Genetics: a conceptual approach*. W. H.
- Porlán Ariza, R., García, A., & Pozo, R. (1999). *El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje* (Didáctica de las ciências experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias, pp. 507–534). Editorial Marfil.
- Porru, F., Schuring, M., Bültmann, U., Portoghese, I., Burdorf, A., & Robroek, S. J. W. (2022). Associations of university student life challenges with mental health and self-rated health: A longitudinal study with 6 months follow-up. *Journal of Affective Disorders*, 296, 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.09.057>
- Prensky, M. (2001). Fun, play and games: What makes games engaging. *Digital Game-Based Learning*, 5(1), 5–31.
- Rabah, J., Cassidy, R., & Beauchemin, R. (2018). *Gamification in education: Real benefits or edutainment?* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28673.56162>
- Rowe, G., Sweet, M., & Beebee, T. J. C. (2017). *An introduction to molecular ecology*. Oxford University Press.
- Rummell, C. M. (2015). An exploratory study of psychology graduate student workload, health, and program satisfaction. *Professional Psychology: Research and Practice*, 46(6), 391–399. <https://doi.org/10.1037/pro0000056>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination Theory and the Facilitation of Intrinsic motivation, Social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf
- Sailer, M., & Homner, L. (2019). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Schleiden, S., Dederer, H.-G., Sgodda, S., Cravcisin, S., Lüneburg, L., Cantz, T., & Heinemann, T. (2020). Human germline editing in the era of CRISPR-Cas: risk and uncertainty, inter-generational responsibility, therapeutic legitimacy. *BMC Medical Ethics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12910-020-00487-1>
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74(1), 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>

- Semlow, D. R., & Walter, J. C. (2021). Mechanisms of Vertebrate DNA Interstrand Cross-Link Repair. *Annual Review of Biochemistry*, 90(1), 107–135. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-080320-112510>
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2012). Results and perspectives from the ROSE project: Attitudinal aspects of young people and science in a comparative perspective. *Science Education Research and Practice in Europe*, 203–236. Brill.
- Spoelhof, J. P., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2017). Pure polyploidy: Closing the gaps in autopolyploid research. *Journal of Systematics and Evolution*, 55(4), 340–352. <https://doi.org/10.1111/jse.12253>
- Stephens, F. O., & Karl Reinhard Aigner. (2016). *Basics of Oncology*. Cham Springer International Publishing.
- Steps of Translation*. (2021, January 13). Biology LibreTexts. [https://bio.libretexts.org/Courses/Lumen_Learning/Biology_for_Non_Majors_I_\(Lumen\)/10%3A_DNA_Transcription_and_Translation/10.08%3A_Steps_of_Translation](https://bio.libretexts.org/Courses/Lumen_Learning/Biology_for_Non_Majors_I_(Lumen)/10%3A_DNA_Transcription_and_Translation/10.08%3A_Steps_of_Translation)
- Tan, C. L., & Anderson, E. (2020). *The New Central Dogma of Molecular Biology*. *Resonance*, 14(3), 1-32.
- Tariq Ahmad Bhat. (2021). *Mutagenesis, Cytotoxicity and Crop Improvement*. Cambridge Scholars Publishing.
- Teixeira, I., & Vasconcelos, C. (2024). The Use of Educational Games to Promote Learning in Geology: Conceptions of Middle and Secondary School Teachers. *Geosciences*, 14(1), 16–16. <https://doi.org/10.3390/geosciences14010016>
- Torres, E. M., Williams, B. R., & Amon, A. (2008). Aneuploidy: Cells Losing Their Balance. *Genetics*, 179(2), 737–746. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.090878>
- Tsai, C., Lin, H., & Liu, S. (2019). The effect of pedagogical GAME model on students' PISA scientific competencies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3), 359–369. <https://doi.org/10.1111/jcal.12406>
- Tsay, C. H.-H., Kofinas, A., & Luo, J. (2018). Enhancing student learning experience with technology-mediated gamification: An empirical study. *Computers & Education*, 121, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.009>
- Van de Peer, Y., Mizrachi, E., & Marchal, K. (2017). The evolutionary significance of polyploidy. *Nature Reviews Genetics*, 18(7), 411–424. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.26>
- Vassileva, J. (2008). Toward Social Learning Environments. *IEEE Transactions on*

- Learning Technologies*, 1(4), 199–214. <https://doi.org/10.1109/tlt.2009.4>
- Vidakis, N., Barianos, A. K., Trampas, A. M., Papadakis, S., Kalogiannakis, M. & Vassilakis, K. (2019). in-Game Raw Data Collection and Visualization in the Context of the “ThimelEdu” Educational Game. *Communications in Computer and Information Science*, 629–646. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7_30
- Wang, W., Hellinga, H. W., & Beese, L. S. (2011). Structural evidence for the rare tautomer hypothesis of spontaneous mutagenesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(43), 17644–17648. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114496108>
- Western Oregon University. (2024). *Chapter 12: DNA Damage and Repair*. Chemistry. <https://wou.edu/chemistry/courses/online-chemistry-textbooks/ch450-and-ch451-biochemistry-defining-life-at-the-molecular-level/chapter-12-dna-damage-repair-and-mutations>
- Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30(2020), 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design : implementing game mechanics in web and mobile apps*. O’reilly Media.
- Zimmerling, E., Höllig, C. E., Sandner, P. G., & Welpel, I. M. (2019). Exploring the influence of common game elements on ideation output and motivation. *Journal of Business Research*, 94, 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.02.030>

Apêndices

Apêndice A Apêndice A1.1 – Calendarização da Intervenção

12º Ano / Turma A

Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Dia/hora	Abril, 1	2	3	4	5	6
	Férias Páscoa	Férias Páscoa	Férias Páscoa	Férias Páscoa	Férias Páscoa	
7	8	9 (11h30-13h20) Aula 1 (1º turno) Apresentação Gamificação; Revisões 11º; Mutações	10 (11h30-13h20) Aula 1 (2º turno) Apresentação Gamificação; Revisões 11º; Mutações	11 (10h30-11h20) Aula 2 (comum) Causas das mutações (espontâneas e induzidas)	12	13
14	15	16 Aula 3 (1º turno) Agentes mutagénicos e a ativação de oncogenas	17 Aula 3 (2º turno) Agentes mutagénicos e a ativação de oncogenas	18 Aula 4 (comum) Virus Oncogénicos e causadores de cancro	19	20
21	22	23 Aula 5 (1º turno) Mutações cromossómicas estruturais e numéricas	24 Aula 5 (2º turno) Mutações cromossómicas estruturais e numéricas	25 Feriado	26	27
28	29	30 Aula 6 (Comum) Meet The Expert / Anatomia Patológica	Meio, 1 Feriado	2 Aula 7 (comum) Meet The Expert/ HPV	3	4
5	6	7 Aula 8 (1º turno) Trabalho de Grupo - Missões	8 Aula 8 (2º turno) Trabalho de Grupo - Missões	9 Aula 9 (comum) Apresentações Missões	10	11
12	13	14 Aula 10 (1º turno) Apresentações Individuais Posters	15 Aula 10 (2º turno) Apresentações Individuais Posters	16 Aula 11 (comum) Apresentação Missões	17	18
19	20	21 Aula 12 (1º turno) Questão-debata e Balanço	22 Aula 12 (2º turno) Questão-debata e Balanço	23	24	25

Apêndice A1.2 – Planificação das aulas

Temas, estratégias, atividades gamificadas, pontuações e instrumentos de avaliação para cada aula

Aula e semana	Duração	Tema	Estratégias e Atividades	Gamificação	Pontuação máxima Grupo I Individual		Instrumentos de avaliação	
Semana 1								
Aula 1	100 min	Exercício “Ice break” Apresentação do desafio da gamificação Revisão de Conceitos Mutações génicas Questão debate	<p>Apresentação da Metodologia ”Gamificação”</p> <p>Constituição dos grupos (7 grupos de 3 alunos)</p> <p>Revisão de Conceitos</p> <p>Introdução Teórica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mutações génicas • Substituição de bases <i>missense e nonsense</i> • Inserção/Deleção • O caso da Anemia Falciforme e o início da “Medicina Molecular” <p>Exercícios sobre mutações Utilização do site From DNA Mutations to Protein Structure – Connected Biology</p> <p>Questão Debate – Escolha da Questão a trabalhar (votação)</p>	<p>Análise do Guia Completo da Gamificação</p> <p><i>Kahoot</i> com revisão de conceitos / Trabalho de Grupo</p> <p>Participação nas aulas</p> <p>Criação de <i>Avatares</i></p> <p>Pontuação</p>	200	-	20	<p><i>Kahoot</i></p> <p>Grelha de Pontuação: Participação</p>
Aula 2	50 min	Causas das mutações - Mutações espontâneas - Mutações induzidas	<p>Metodologia “5Es”</p> <p>Engage - Apresentação do vídeo “Chernobyl Disaster 1986 – O que aconteceu realmente?” Chernobyl Disaster 1986: What really happened? - YouTube</p>	<p>Participação nas aulas</p> <p>Trabalho de Grupo</p> <p>Pontuação</p>	100	-	20	Grelha de Pontuação: Participação

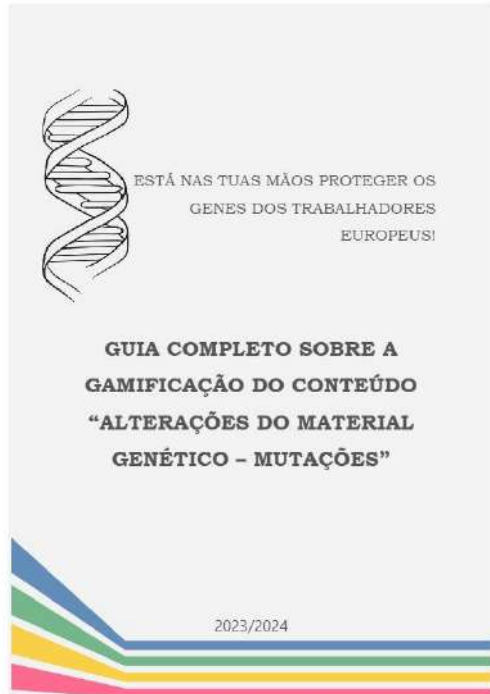
			<ul style="list-style-type: none"> • Destacar (vídeo) as consequências da exposição a radiações e o respetivo impacto nos seres vivos • As radiações no contexto de acidentes nucleares <p>Explore - Apresentação de casos reais envolvendo a ocorrência de mutações induzidas (livro e materiais de suporte)</p> <ul style="list-style-type: none"> • O acidente na Central Nuclear de Fukushima • Outros acidentes nucleares <p>Explain - Apresentação <i>powerpoint</i> sobre os mecanismos subjacentes às mutações induzidas (físicas e químicas)</p> <p>Elaborate (trabalho de casa) - Trabalhos de grupo: Investigação “Análise de artigo científico sobre mutações” – Preparação de um resumo (artigo a fornecer pelo docente; a entregar na aula 4)</p> <p>Evaluate Avaliação pelo docente dos resumos realizados pelos grupos</p>	Competição Níveis			
Pontos de DNA (Potencial da semana 1; Total= Grupo e média dos resultados individuais)					300	40	Máximo: 340 pontos
Pontos de DNA (Total)							Acumulado: 340
Semana 2							
Aula 3	100 min	Agentes mutagénicos e a ativação de oncogenes	<p>Apresentação <i>powerpoint</i> sobre conceitos básicos relacionados com o cancro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição • Dados Epidemiológicos do cancro em Portugal • Reparação de danos causados por agentes mutagénicos no DNA • Desenvolvimento de cancro • Apóptose • Metastização • Proto-oncogenes e Genes supressores tumorais <p>- Resolução de Exercício (manual da disciplina) sobre Leucemia Mieloide Crónica</p>	<p>Cumprimento de prazos Participação nas aulas Publicação dos Resultados (da semana anterior)</p> <p>Pontuação Competição</p> <p>Resposta a exercício / Trabalho de Grupo</p>	100	- 20	Grelha de Pontuação: Participação Trabalho de Grupo
					50		

			-Apresentação de Vídeo sobre o gene p53 Oncogenes and Tumor Suppressor Genes - Tumor Genetics (youtube.com) -Apresentação de materiais sobre BRCA-1 e BRCA- 2e RB (Video e documentação) 3. Understanding More About Breast Cancer Protection Genes BRCA1 and BRCA2 (youtube.com)				
Aula 4	50 min	Vírus oncogénicos ou causadores de cancro Sessão com especialistas (preparação)	Apresentação powerpoint sobre os vírus oncogénicos ou causadores de cancro: Objetivo Compreender as características dos oncovírus e o seu papel no surgimento do cancro. Preparação das reuniões com as convidadas externas (Anatomia Patológica) Propostas das ideias para a discussão da Questão debate	Cumprimento de prazos Participação nas aulas “Take Home Messages” Desafio Genético / Trabalho de Grupo Elaboração de três questões / Trabalho de Grupo Pontuação Competição Níveis	100* 50 20	- 20	Grelha de Pontuação: Participação Trabalho de Grupo Documento com propostas de questões
Pontos de DNA (Potencial da semana 2; grupo e individual)					220	40	Máximo: 260 pontos
Pontos de DNA (Total)					* Considerado apenas uma vez por grupo		Acumulado: 600
Semana 3							
Aula 5	100 min	Mutações cromossómicas estruturais e numéricas	Jogo “Criação de Poster sobre Mutações Cromossómicas” - Criação de um poster (em cartolina), a partir de frases e imagens sobre mutações cromossómicas e numéricas (conteúdos fornecidos pelo professor). Apresentação dos posters feitos durante a aula aos restantes grupos; - Mutações Cromossómicas Estruturais (Deleção; Duplicação; Inversão e Translocação) - Impacto nos genes	Cumprimento de prazos Participação nas aulas Publicação dos Resultados (da semana anterior) “Take Home Messages” Desafio Genético (Poster) / Trabalho de Grupo Níveis	100* 100	- 20	Grelha de Pontuação: Participação Trabalho de Grupo
Pontos de DNA (Potencial da semana 2; grupo e individual)					100	20	Máximo: 120 pontos
Pontos de DNA (Total)					* Considerado apenas uma vez por grupo		Acumulado: 720

Semana 4							
Aula 6 e 7 (Aulas conjuntas)	100 min + 50 min	Discussão com Especialistas: <ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de mutações ao serviço da Medicina • O Vírus do Papiloma Humano 	“Meet The Expert” – Debate com especialistas , partir de questões preparadas previamente pelos alunos e validadas pelo docente <ul style="list-style-type: none"> - A investigação de mutações espontâneas e induzidas e as respetivas aplicações práticas - Desafios no diagnóstico e tratamento do cancro - Visualização de preparações definitivas de tecidos sãos e com mutações - Atividade “Factos e Mitos sobre o Vírus do Papiloma Humano (HPV)” 	Cumprimento de prazos Participação nas aulas Publicação dos Resultados (da semana anterior) Pontuação Colaboração Níveis	200	- 40	Grelha de Pontuação: Participação Trabalho de Grupo
Pontos de DNA (Potencial da semana 3; grupo e individual)					200	40	Máximo: 240 pontos
Pontos de DNA (Total)							Acumulado: 960
Semana 5							
Aula 8 e 9, 11 (parcial)	100 min + 50 min	Apresentações “Missão: Proteger os genes dos trabalhadores Europeus”	Apresentações à turma (Trabalho de Grupo) Cada grupo realiza uma apresentação com base na missão que lhe foi atribuída, recorrendo a informação do SNS e da legislação europeia e nacional sobre os temas: <ul style="list-style-type: none"> • Agentes mutagénicos e cancerígenos • Tabagismo 	Cumprimento de prazos Participação nas aulas Publicação dos Resultados (da semana anterior) “Take Home Messages” Pontuação Colaboração e Competição	300	- 60	Grelha de avaliação (para as apresentações)
Pontos de DNA (Potencial da semana 4; grupo e individual)					300	60	Máximo: 360 pontos
Pontos de DNA (Total)							Acumulado: 1320
Semana 6							
Aula 10 e 11 (parcial)			Apresentações à turma (Trabalho Individual) Cada aluno realiza uma apresentação com base no tema Doenças génicas e Engenharia Genética	Pontuação (Avaliação sumativa)		200	Grelha de avaliação (para as apresentações)
Pontos de DNA (Potencial da semana 5; grupo e individual)						200	Máximo: 200 pontos
Pontos de DNA (Total)							Acumulado: 1520
Semana 7							
Aula 12	100 min	Questão desafio	Questão - Debate sobre o tema selecionado na aula 1: “Até que ponto devemos permitir a manipulação genética”	Cumprimento de prazos Participação nas aulas	200	- 20	

			em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias?” Balanço das Atividades realizadas Questionário anónimo sobre as questões de investigação	Publicação dos Resultados (da semana anterior) Discussão da Questão Debate Recompensa			
<i>Pontos de DNA (Potencial da semana 5; grupo e individual)</i>					200	20	Máximo: 230 pontos
<i>Pontos de DNA (Total)</i>							Acumulado: 1750

Apêndice B – Guia Completo para a Gamificação -Está nas tuas mãos proteger os genes dos trabalhadores europeus



Capítulo 1: Introdução

VIVA!

Bem vindo ao “Guia Completo para a Gamificação- Está nas tuas mãos proteger os genes dos trabalhadores Europeus!”, onde irás encontrar todas as respostas sobre a gamificação do Domínio “Alterações do Material Genético: Mutações” do programa de Biologia do 12º ano de escolaridade.

Sim! A ideia é estar a aprender e a jogar ao mesmo tempo.

O objetivo deste documento é apresentar todos os detalhes de como as atividades irão decorrer, como poderás ganhar pontos, e esclarecer todas as dúvidas que poderão surgir.

Esperamos que te divirtas e gostes deste desafio!

Em que consiste a gamificação de conteúdos?

A gamificação corresponde à utilização de elementos típicos de jogos (por exemplo, jogos de computador) em contextos de “não-jogos” (por exemplo, em ambiente académico), com o objetivo de reforçar a participação e satisfação dos alunos na aprendizagem.

Como irás verificar, um dos pressupostos desta gamificação é proporcionar autonomia e responsabilidade a **todos** os alunos. A **primeira tarefa** é que a turma se organize em grupos de três elementos, atribua um nome ao seu grupo (crie um Ávatar!) e o comunique ao professor. As exceções a esta regra são como as faltas às aulas, justificáveis mas não desejáveis.

PORQUÊ TRABALHO DE GRUPO?

Em termos pedagógicos, o trabalho de grupo permite que cada aluno realize melhor as atividades pedidas, ao mesmo tempo que desenvolve as suas capacidades de relacionamento interpessoal e de interajuda com os seus colegas. É claro, para além disso, é mais divertido!

Capítulo 2: Os detalhes

Ok. Agora o jogo. Para a gamificação destes conteúdos, a tua turma é desafiada a **concretizar uma missão** que envolve vários desafios. Os desafios têm uma componente individual, outra de grupo e outra de “toda a turma”. Mais detalhes de seguida!

A missão da turma é contribuir para proteger os genes dos trabalhadores europeus. E como é que se faz isso?

Ao longo das 10 aulas que estão previstas para este módulo, os grupos podem ganhar “**pontos de DNA**”, resultado de uma avaliação individual e coletiva para cada tarefa proposta.

Para o somatório de “Pontos de DNA” de cada grupo contribuem duas componentes: o desempenho do grupo e a média do desempenho individual dos seus elementos.

À medida que vão ultrapassando os vários desafios, **cada grupo acumula pontos** (ver tabela 1) e, logo que alcancem uma determinada pontuação, recebem informações mais detalhadas sobre a sua missão. No âmbito do grande objetivo apresentado, cada grupo pode receber um desafio diferente, mas a colaboração equitativa e a partilha de informações e conhecimentos entre grupos é desejável, ou seja, **bem-vinda!**

No final da primeira semana da atividade, serão enviados para os Avatares três importantes documentos sobre a **proteção do Genoma Humano**, que servem para enquadrar a missão da turma.

“O genoma humano tem subjacente a unidade fundamental de todos os membros da família humana, bem como o reconhecimento da sua herança dignidade e diversidade. Em espírito simbólico, constitui o patrimônio da Humanidade”.

DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE O GENOMA HUMANO E OS DIREITOS HUMANOS, 1997

E SE EU FIZER “BATOTA”?

Todos conhecemos histórias de trabalhos de grupo em que um ou mais elementos se “sentia à sombra da bananeira” e espera que os colegas façam o trabalho. Muitas vezes aparecem no final para “assistir e receber a nota”, a qual na realidade não é sua porque não trabalharam. Para minimizar esses cenários, os grupos serão de três elementos, ou seja, a que todos sejam muito práticos e a colaboração inevitável. Para além disso, haverá um mini-teste no final sobre as temáticas abordadas ao longo do módulo, que permitirá perceber os conhecimentos adquiridos por cada um. Mas o pior de não trabalhar em equipa é mesmo não ficar a conhecer melhor os colegas e não aprender de uma forma mais simples e divertida.

Tabela 1 - "Pontos de DNA" e progresso na missão dos Grupos

Semanas / Anos	Pontuação de "Pontos de DNA" / Pontuação Atualizada	"Pontos de DNA" necessários	Nível	Ação Desempenhada
1 / 1 e 2	340/340	-	Explorador da Genoma	O grupo recebe documentação sobre a proteção do Genoma humano
2 / 3 e 4	210/550	225	Mestre de DNA	O grupo recebe informação sobre a substância oncogénica que deverá investigar
3 / 5	120/670	285	Guardião do Genoma	O Grupo recebe informação sobre a legislação europeia relativa à sua substância (ou produto) ao nível do (laboratório)
4 / 6 e 7	240/910	405	Herói genético	O grupo está preparado para fazer a apresentação
Final da 1ª parte				
5 / 8, 9 e 10	Valor máximo alcançável: 1430 pontos de DNA!			
Final do Jogo				

Os desafios gamificados, que dão resposta à importante questão "Como é que eu e o meu grupo podemos ganhar pontos?", são os que a seguir se apresentam.

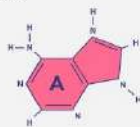


4. QUESTÃO DESAFIO

Os alunos irão discutir brevemente e **seleccionar**, na primeira aula, uma das seguintes "Questões Desafio" para trabalhar no longo destes conjuntos de aulas:

- Em que medida são os indivíduos responsáveis por mutações génicas que podem aumentar o risco de doenças? Que implicações poderão surgir na forma como a sociedade aborda a prevenção e o tratamento das doenças relacionadas com essas mutações?
- Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias?
- Com o avanço tecnológico na identificação de mutações génicas, há a possibilidade de surgirem discriminações com base no perfil genético. Como deve a sociedade abordar as questões da discriminação relacionadas com a informação genética?

Os vários grupos terão como responsabilidade interagir entre si e **organizar a aula em que esta questão irá ser debatida** (aula 10). Para isso, irão partilhar previamente com os docentes as ideias iniciais, metodologias propostas e objetivos que gostariam de concretizar nesse debate (aulas 4 e 6), assim como a contribuição de cada grupo para a realização e dinâmica da sessão (200 "pontos de DNA" para cada equipa). Liberdade e autonomia!



1. HAHOOT

Olhar para trás, para o que vivemos e aprendemos, é sempre um desafio. Mas por vezes basta rever um conteúdo e perceber que afinal "o conhecimento está lá".

Neste exercício vamos fazer essa revisão e olhar para o essencial sobre "ácidos nucleicos e síntese proteica" de Biologia e Geologia do 11º ano. São 20 questões que te permitem obter 200 pontos! O teu grupo irá acumular os primeiros pontos, correspondentes à média da pontuação dos respetivos elementos.

2. TAKE HOME MESSAGES

Este é um desafio que procura associar a tua capacidade de comunicação com a tua capacidade de síntese. Cada grupo é responsável por elaborar uma breve apresentação com as mensagens essenciais dos conteúdos trabalhados duas aulas atrás, e apresentá-las aos colegas no início da aula. É um trabalho que será realizado por cada grupo apenas uma vez. A duração da intervenção é entre 5 e 8 minutos. O **desfasamento de duas aulas** é propositado e pretende dar aproximadamente uma semana a cada grupo para preparar a sua intervenção. Com esta intervenção o vosso grupo pode acumular um máximo de 100 pontos (os critérios para a atribuição de pontos de DNA estão também no anexo).

3. PARTICIPAÇÃO NAS AULAS

É um "clássico" do Ensino! É também uma das melhores formas de aprender. Tal como ao longo de todo o ano letivo, também aqui é valorizado o envolvimento e participação dos alunos. É considerada a participação individual de cada aluno em termos de intervenções construtivas e realização das atividades propostas. Ao contrário de alguns desafios, que apenas ocorrem uma vez por grupo, neste tópico **os grupos podem acumular pontos em todas as aulas** (a pontuação individual é de 20 pontos de DNA por aula!)

5. MEET THE EXPERT

Criar um maior envolvimento entre a escola e a sociedade é um dos grandes desafios para a escola do século XXI. Com esse designio em mente, iremos trazer dois **especialistas para discutir com a turma** o impacto que as mutações podem ter na vida concreta das pessoas, nomeadamente no aparecimento de cancro.

É uma **oportunidade única** de conhecer especialistas que observam e lidam diariamente com as consequências das mutações! Para tirarmos o maior partido das suas presenças, cada grupo é responsável por preparar três questões a colocar a cada um dos especialistas, nas entrevistas que irão realizar, e enviá-las previamente para o docente, que lhes dá feedback. O objetivo é refletir previamente sobre as questões mais relevantes a colocar, tornando assim o debate mais rico. A preparação constitui também um estímulo à **investigação autónoma dos grupos**, mas a espontaneidade e informalidade é sempre valorizada! A participação ativa dos grupos neste desafio permite obter 100 pontos de DNA.

No anexo 3 encontram-se definidos alguns dos tópicos orientadores que os alunos poderão explorar de modo a prepararem as suas questões.

6. MINI-TESTE

Sim, há um mini-teste individual cuja classificação contribui para os resultados do grupo e também para os resultados individuais. Os resultados individuais são apresentados em "Pontos de DNA" e adicionados aos respetivos grupos (Individual: 200 pontos; 50 minutos).



Apêndice C
Apêndice C1

Apêndice C1.1 – Questões Kahoot aula 1

1. Link para o jogo

<https://create.kahoot.it/share/revisao-acidos-nucleicos-e-sintese-proteica/1460c45e-b14d-468f-915b-b4ad6a7cea4a>

1. Qual é a unidade fundamental dos ácidos nucleicos?

- a) Aminoácido
- b) Nucleotídeo**
- c) Monossacarídeo
- d) Ácido gordo

2. Qual é a estrutura básica de um nucleotídeo de DNA?

- a) Fosfato, ribose, base nitrogenada
- b) Fosfato, desoxirribose, base nitrogenada**
- c) Desoxirribose e base nitrogenada
- d) Desoxirribose, uracilo, citosina

3. De acordo com a regra de Chargaff, qual é a equivalência entre as bases nitrogenadas no DNA?

- a) **A=T, G=C**
- b) A=C, G=T
- c) A=G, T=C
- d) A=U, G=C

4. A ligação entre nucleótidos é feita:

- a) Por ligações fosfodiéster e no sentido 3' > 5'
- b) Por pontes de hidrogénio e no sentido 3' > 5'
- c) Por ligações fosfodiéster e no sentido 5' > 3'**
- d) Por pontes de hidrogénio e no sentido 5' > 3'

5. **Quem propôs o modelo de dupla hélice do DNA?**
- a) **James Watson e Francis Crick**
 - b) Rosalind Franklin
 - c) Linus Pauling
 - d) Erwin Chargaff
6. **O modelo proposto por Watson e Crick sugere que as duas cadeias de DNA são:**
- a) **Antiparalelas e complementares**
 - b) Paralelas e idênticas
 - c) Antiparalelas e idênticas
 - d) Paralelas e complementares
7. **Quem propôs o modelo de replicação semiconservativa do DNA?**
- a) Maurice Wilkins
 - b) Rosalind Franklin
 - c) James Watson e Francis Crick
 - d) **Matthew Meselson e Franklin Stahl**
8. **Qual é o princípio central do Dogma Central da Biologia Molecular?**
- a) A replicação precede a transcrição
 - b) RNA é transcrito para DNA
 - c) **DNA é transcrito para RNA, que é traduzido para proteínas**
 - d) Proteínas são traduzidas para RNA
9. **Durante qual fase do ciclo celular ocorre a replicação do DNA?**
- a) G1
 - b) G2
 - c) **S**
 - d) M

10. Qual é a enzima responsável pela síntese de novas cadeias de DNA durante a replicação?

- a) RNA polimerase
- b) DNA polimerase**
- c) Helicase
- d) Ligase

11. Sobre a replicação do DNA, assinale a afirmação correta:

- a) A DNA Ligase junta os fragmentos de DNA na cadeia atrasada
- b) A cadeia avançada exige um primer de RNA para que a DNA Polimerase III possa adicionar nucleótidos
- c) Para a síntese da cadeia polinucleotídica são necessários vários primers na cadeia atrasada
- d) Todas estão corretas**

12. Sobre a replicação do DNA, assinale a afirmação incorreta:

- a) A Helicase é a enzima responsável pela separação das duas cadeias de DNA
- b) A replicação do DNA é contínua**
- c) Os fragmentos de Okazaki encontram na cadeia atrasada
- d) A DNA Polimerase III adiciona nucleótidos na direção 5' > 3'

13. O que é a transcrição no contexto da expressão génica?

- a) Síntese de proteínas
- b) Replicação do DNA
- c) Síntese de RNA a partir de uma cadeia de DNA que lhe serve de molde**
- d) Duplicação dos cromossomas

14. Qual é a função principal do RNA mensageiro (mRNA)?

- a) Conter a informação génica a ser traduzida em aminoácidos**
- c) Transportar proteínas para o citoplasma
- b) Transportar aminoácidos durante a síntese de proteínas
- d) Formar a estrutura dos ribossomas

15. O que são intrões e exões no contexto do RNA mensageiro?

- a) **Regiões não codificadoras e codificadoras, respectivamente**
- b) Regiões promotoras e terminadoras, respectivamente
- c) Sequências de início e término, respectivamente
- d) Sequências regulatórias e funcionais, respectivamente

16. O que são codões no contexto da síntese de proteínas?

- a) Sequências de aminoácidos
- b) **Sequências de bases nitrogenadas no RNA mensageiro**
- c) Sequências de bases nitrogenadas no DNA
- d) Sequências de RNA de transferência (tRNA)

17. O que é um codão stop?

- a) Um codão que inicia a tradução
- b) Um codão que termina a transcrição
- c) Um codão que sinaliza o início da replicação
- d) **Um codão que termina a tradução**

18. Qual é a característica principal do código genético?

- e) Unicidade (um aminoácido codificado por apenas um codão)
- f) **Redundância (um aminoácido pode ser codificado por vários codões)**
- g) Polaridade (orientação específica do DNA)
- h) Antiparalelismo (orientação oposta das cadeias de DNA)

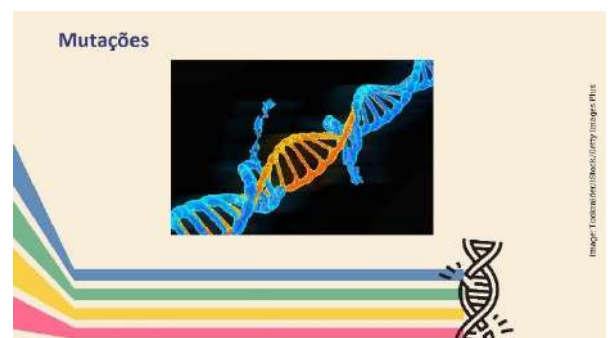
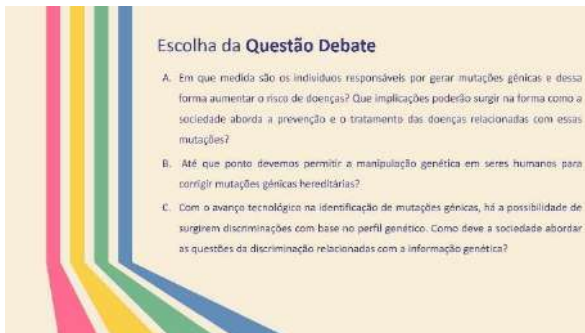
19. A transcrição é um processo que permite formar moléculas de RNA a partir de uma das cadeias de DNA que serve de molde. Assinale a incorreta sobre este processo:

- a) A RNA polimerase liga-se ao promotor e desenrola as cadeias de DNA
- b) **As duas cadeias de DNA podem servir de cadeias - molde para um gene**
- c) A transcrição termina quando a RNA polimerase encontra uma região de finalização
- d) A transcrição tem início numa região do DNA designada promotor

20. O que são genes?

- a) Sequências de aminoácidos em proteínas
- b) Sequências de RNA mensageiro
- c) **Unidades hereditárias de informação genética**
Segmentos de DNA não codificante

Apêndice C1.2 - Slide Kit aula 1



Mutações

Fotografia: J. P. M. / Contrasto / Imagoeconomica, L&L, Zapp / Imagoeconomica

Mutações

Alteração no genoma de um organismo que pode ocorrer durante a duplicação do DNA (divisão celular- mitose ou meiose)

A. Em células sexuais (gâmetas)

- Afeta todas as células descendentes do gâmeta
- Passa à geração seguinte

B. Em células somáticas (não sexuais)

- Afeta células descendentes, restrita a pequenas zonas do organismo
- Responsáveis por alguns tipos de cancro

Fotografia: J. P. M. / Contrasto / Imagoeconomica, L&L, Zapp / Imagoeconomica

Mutações génicas – Substituição de bases e efeitos fenotípicos

18.6 Base substitutions can cause (a) missense, (b) nonsense, and (c) silent mutations.

Mutações Pontuais

Pierce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Edn

Mutações génicas – Substituição de bases

Transição

Possible base changes:

- A → G
- G → A
- T → C
- C → T

Transversão

- A → C
- A → T
- C → G
- C → T
- G → A
- G → C
- T → A
- T → G

18.3 A transition is the substitution of a purine for a purine or of a pyrimidine for a pyrimidine; a transversion is the substitution of a pyrimidine for a purine or of a purine for a pyrimidine.

Pierce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Edn

Mutações génicas – Exemplo de mutação pontual de substituição num codão UAU

Pierce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Edn

Mutações génicas – O caso da Anemia Falciforme

Doença Falciforme.

**VOCÊ NÃO VÊ,
MAS EU SINTO.**

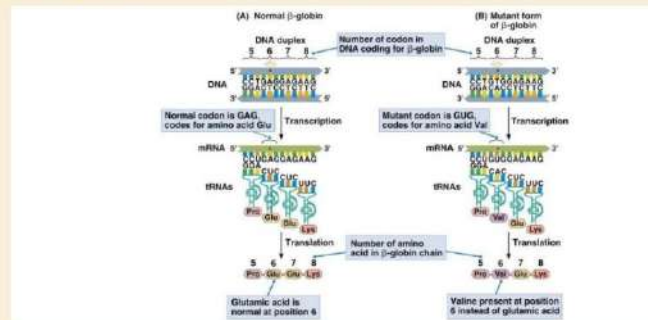
A Doença Falciforme é invisível, mas não tem sinais aparentes e por isso é negligenciada para ser tratada.

Seu paciente de doença falciforme. Você não me vê, e eu sinto.



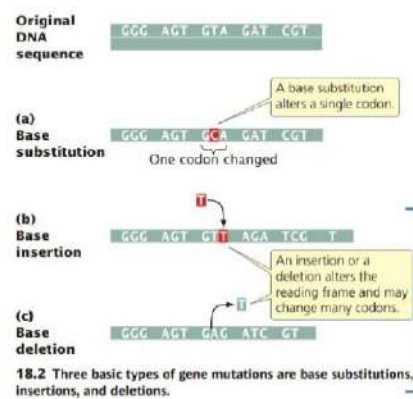

Campanha "Eu Sinto" faz um alerta sobre uma rara, mas devastadora, Doença Falciforme. Agência Publicitária Nacional de Segurança, Saúde, Família, T. Educação

Mutações génicas – O caso da Anemia Falciforme



Pierce, B. A. (2012). Genétics: A conceptual approach. 4th Ed.

Mutações Génicas

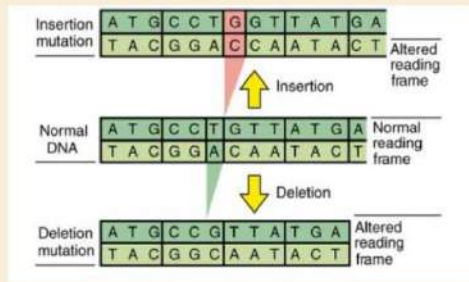


Mudança de grelha de leitura / Indel

Pierce, B. A. (2012). Genétics: A conceptual approach. 4th Ed.

Mutações génicas – Inserção / deleção de um nucleótido

Slide alternativo



Mutações génicas – Características dos diferentes tipos de mutações

Conteúdos extra

Table 19.2 Characteristics of different types of mutations

Type of Mutation	Definition
Base substitution	Changes the base of a single DNA nucleotide
Transition	Base substitution in which a purine replaces a purine or a pyrimidine replaces a pyrimidine
Transversion	Base substitution in which a purine replaces a pyrimidine or a pyrimidine replaces a purine
Insertion	Addition of one or more nucleotides
Deletion	Deletion of one or more nucleotides
Frameshift mutation	Insertion or deletion that alters the reading frame of a gene
In-frame deletion or insertion	Deletion or insertion of a multiple of three nucleotides that does not alter the reading frame
Expanding nucleotide repeats	Repeated sequence of a set of nucleotides in which the number of copies of the sequence increases
Forward mutation	Changes the wild-type phenotype to a mutant phenotype
Reverse mutation	Changes a mutant phenotype back to the wild-type phenotype
Missense mutation	Changes a sense codon into a different sense codon, resulting in the incorporation of a different amino acid in the protein
Nonsense mutation	Changes a sense codon into a nonsense codon, causing premature termination of translation
Silent mutation	Changes a sense codon into a synonymous codon, leaving unchanged the amino acid sequence of the protein
Neutral mutation	Changes the amino acid sequence of a protein without altering its ability to function
Loss of function mutation	Causes a complete or partial loss of function
Gain-of-function mutation	Causes the appearance of a new trait or function or causes the appearance of a trait in an inappropriate tissue or at an inappropriate time
Lethal mutation	Causes premature death
Suppressor mutation	Suppresses the effect of an earlier mutation at a different site
Intragenic suppressor mutation	Suppresses the effect of an earlier mutation within the same gene
Intergenic suppressor mutation	Suppresses the effect of an earlier mutation in another gene

Pierce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Ed.

Mutações génicas

Conteúdos extra

- **Mutação Forward**
 - Muda o fenótipo selvagem para um fenótipo mutante
- **Mutações Reverse**
 - Muda o fenótipo mutante para um fenótipo selvagem
- **Mutações Supressoras**
 - Suprime o efeito de um fenótipo mutante mas através de uma mutação num local diferente

Mutações

Alteração no genoma de um organismo que pode ocorrer durante a duplicação do DNA (divisão celular- mitose ou meiose)



Exploração de simulador: mutações génicas e síntese proteica



DNA Mutations Activity
biologycorner.com



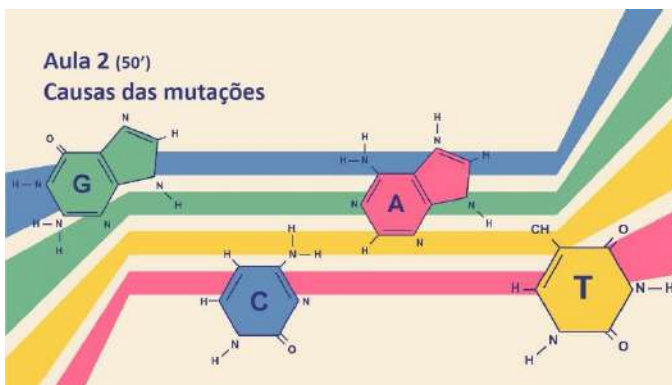
Desafio de Grupo!

Apêndice C1.3 – Simulador mutações no DNA

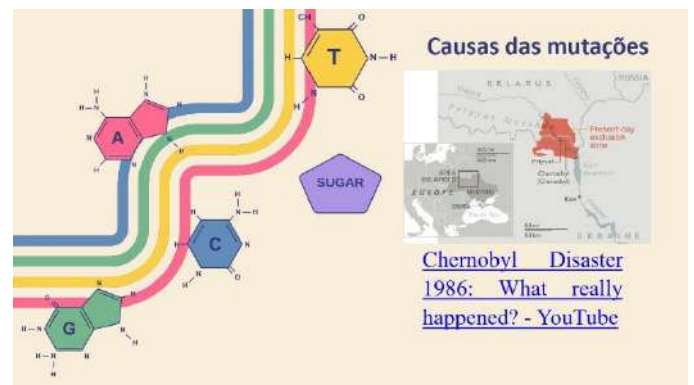
Sítio: <https://www.biologycorner.com/2017/06/15/dna-mutation-activity/>

Apêndice C2

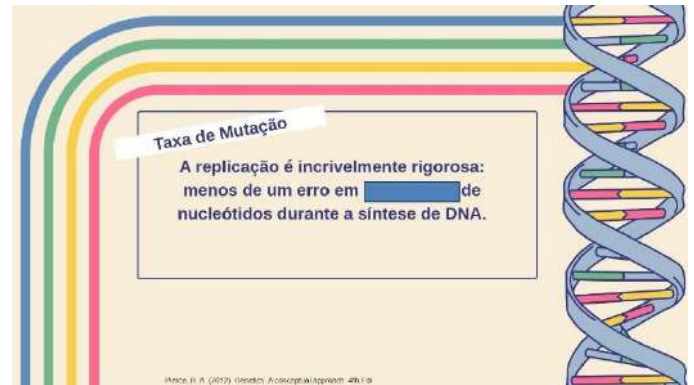
Apêndice C2.1 – Slide Kit aula 2



Causas das mutações



Chernobyl Disaster 1986: What really happened? - YouTube



Conteúdos extra

Modificações que podem levar a Mutações espontâneas

Common Forms

Proton shift

Thymine

Guanine

Cytosine

Lytosine

Adenine

Rare Forms

Thymine

Guanine

Cytosine

Lytosine

Adenine

Standard base pairing arrangements

Thymine (common form) - Adenine (common form)

Cytosine (common form) - Guanine (common form)

Alternative base pairing arrangements

Cytosine (rare form) - Adenine (rare form)

Thymine (rare form) - Guanine (rare form)

Base	In Normal Form Pairs with	In Alternative Form Pairs with
A	T	C
T	A	G
G	C	T
C	G	A

Pairing relationships of DNA bases in the normal and tautomeric forms

Pearce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Ed.

Conteúdos extra

Modificações que podem levar a Mutações espontâneas

TAUTOMERIZAÇÃO:
As bases azotadas podem existir sob formas diferentes (tautômeros ou formas raras - isômeros), levando a diferentes emparelhamentos.

DEPURINAÇÃO:
Perda de uma purina ou pirimidina, originando locais apurinicos ou apirimidínicos.

Conteúdos extra

Mutações induzidas Agentes Mutagênicos

Agente mutagênicos
Qualquer agente que aumente significativamente a taxa de mutações acima da observada espontaneamente.

Pearce, B. A. (2012). Genetics: A conceptual approach, 4th Ed.

Mutações induzidas

Resultante da exposição a agentes mutagênicos

FÍSICOS:
Raios X ou radiação UV

QUÍMICOS:
Gás mostarda, Ácido Nitroso (HNO₂) ou outros

Desaminação e erro de emparelhamento resultante da ação de um agente mutagênico químico.

A radiação UV pode induzir a formação de dímeros de timina, causando a uma deformação no DNA.

Escola virtual: BioFoco12_Areal

Conteúdos extra

Mutações induzidas

Modificações químicas

MODIFICAÇÃO DE BASES:
Modificações químicas que alteram a estrutura das bases causando emparelhamentos incorretos ou impedindo o emparelhamento.

BASES ANÁLOGAS:
Substituição das bases por substâncias químicas análogas

AGENTES CROSS LINKING:
Agentes que ligam uma cadeia à outra, impedindo a replicação

AGENTES INTERCALANTES:
Intercalam-se entre as bases de DNA, produzindo uma distorção física.

Mutações génicas – Exposição a radiação em humanos

London, 10/03/2011, Reuters

Yatcha River in Russia's Ural Mountains. Photo: National Geographic

Mutações génicas – Investigação


Desafio de Grupo!

Apêndice C2.2 – Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos

1. Site

[decl-genomadh.pdf \(ministeriopublico.pt\)](#)

2. Declaração (Primeira página)



MINISTÉRIO PÚBLICO
PORTUGAL
REPUBLICA PORTUGUESA
GABINETE DO GOVERNADOR
E DO SEU GOVERNO

DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE O GENOMA HUMANO E OS DIREITOS HUMANOS

Adotada pela Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) na sua 29.ª sessão, a 11 de novembro de 1997.

Endossada pela Assembleia Geral das Nações Unidas na sua resolução 53/152, de 9 de dezembro de 1998.

DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE O GENOMA HUMANO E OS DIREITOS HUMANOS

A Conferência Geral,

Recordando que o Preâmbulo da Constituição da UNESCO refere o "ideal democrático de dignidade, igualdade e respeito pela pessoa humana", rejeita qualquer "dogma da desigualdade das raças e dos homens", estabelece que "a difusão da cultura e a educação da humanidade para a justiça, a liberdade e a paz são indispensáveis à dignidade humana e constituem um dever sagrado que todas as nações devem cumprir com espírito de assistência mútua", proclama que "para que a paz subsista deverá assentar na solidariedade intelectual e moral da humanidade" e declara que a Organização procura promover "mediante a cooperação das nações do Mundo nos domínios da educação, da ciência e da cultura, os objetivos de paz internacional e bem-estar comum da humanidade, que presidiram à criação da Organização das Nações Unidas e que a respetiva Carta proclama",

Recordando solenemente o seu apego aos princípios universais de direitos humanos, afirmados nomeadamente na Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 10 de dezembro de 1948, e nos dois Pactos Internacionais das Nações Unidas sobre os Direitos Económicos, Sociais e Culturais e sobre os Direitos Cívicos e Políticos, de 16 de dezembro de 1966, na Convenção para a Prevenção e Repressão do Crime de Genocídio, das Nações Unidas, de 9 de dezembro de 1948, na Convenção Internacional sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação Racial, das Nações Unidas, de 21 de dezembro de 1965, na Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes Mentais, das Nações Unidas, de 20 de dezembro de 1971, na Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes, das Nações Unidas, de 9 de dezembro de 1975, na Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Mulheres, das Nações Unidas, de 18 de dezembro de 1979, na Declaração dos Princípios Básicos de Justiça Relativos às Vítimas da Criminalidade e de Abuso de Poder, das Nações Unidas, de 29 de novembro de 1985, na Convenção sobre os Direitos da Criança, das Nações Unidas, de 20 de novembro de 1989, nas Regras Gerais sobre a Igualdade de

Rua do Vale de Penafiel, n.º 2 | 1269-113 Lisboa - Portugal | Tel. +351 213 820 300 | Fax +351 213 820 301
cominfo@gop.pt | www.ministeriopublico.pt

1. DOI

<https://doi.org/10.1093/jnci/djx209>

2. Artigo (Primeira página)



JNCI J Natl Cancer Inst (2018) 110(4): djx209
doi: 10.1093/jnci/djx209
First published online November 18, 2017
Article

ARTICLE

Investigation of the Relationship Between Radiation Dose and Gene Mutations and Fusions in Post-Chernobyl Thyroid Cancer

Alexey A. Efanov*, Alina V. Brenner*, Tetiana I. Bogdanova, Lindsey M. Kelly, Pengyuan Liu, Mark P. Little, Abigail I. Wald, Maureen Hatch, Liudmyla Y. Zurnadzy, Marina N. Nikiforova, Vladimir Drozdovitch, Rebecca Leeman-Neill, Kiyohiko Mabuchi, Mykola D. Tronko, Stephen J. Chanock, Yuri E. Nikiforov

Affiliations of authors: Department of Pathology, University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh, PA (AAE, LMK, ATW, MND, YEN); Division of Cancer Epidemiology and Genetics, National Cancer Institute, National Institutes of Health, Bethesda, MD (AVB, MP, MR, VD, KM, SK); Columbia University Medical Center, New York, NY (BL); State Institution V. P. Korotkevich Institute of Endocrinology and Metabolism of AMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine (TI, LVZ, MDZ); Sir Run Run Shaw Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, China (YI).

*Authors contributed equally to this work.
Correspondence to: Yuri E. Nikiforov, MD, PhD, Department of Pathology, University of Pittsburgh, Clinical Laboratory Building, Room 8031, 3477 Dukes Way, Pittsburgh, PA, 15261 (e-mail: nikiforoye@upmc.edu).

Abstract

Background: Exposure to ionizing radiation during childhood is a well-established risk factor for thyroid cancer. However, the genetic mechanisms of radiation-associated carcinogenesis remain not fully understood.

Methods: In this study, we used targeted next-generation sequencing and RNA-Seq to study 65 papillary thyroid cancers (PTCs) from patients in the Ukrainian-American cohort with measurement-based iodine-131 (I-131) thyroid doses received as a result of the Chernobyl accident. We fitted linear regression models to evaluate differences in distribution of risk factors for PTC according to type of genetic alteration and logistic regression models to evaluate the I-131 dose response. All statistical tests were two-sided.

Results: Driver mutations were identified in 96.9% of these thyroid cancers, including point mutations in 26.2% and gene fusions in 70.8% of cases. Novel driver fusions such as *POR-SEAF*, as well as *STRN-ALK* fusions that have not been implicated in radiation-associated cancer before, were found. The mean I-131 dose in cases with point mutations was 0.2 Gy (range = 0.013–1.05 Gy), statistically significantly lower than 1.4 Gy (range = 0.009–6.15 Gy) for cases with fusions ($P < .001$). No driver point mutations were found in tumors from individuals who received more than 1.1 Gy of radiation. Relative to tumors with point mutations, the proportion of tumors with gene fusions increased with radiation dose, reaching 87.8% among individuals exposed to 0.3 Gy or higher. With a limited study sample size, the estimated odds ratio at 1 Gy was 20.01 (95% confidence interval = 2.57 to 653.02, $P < .001$). In addition, after controlling for I-131 dose, we found higher odds ratios for gene fusion-positive PTCs associated with several specific demographic and geographic features.

Conclusions: Our data provide support for a link between I-131 thyroid dose and generation of carcinogenic gene fusions, the predominant mechanism of thyroid cancer associated with radiation exposure from the Chernobyl accident.

Papillary thyroid carcinoma (PTC) is the most common type of thyroid cancer, accounting for approximately 80% of all cases worldwide (1). Detailed characterization of the molecular landscape of PTCs from the general adult population demonstrated that point mutations and gene rearrangements targeting the MAPK pathway are common driver events in this

Received: April 25, 2017; Revised: June 30, 2017; Accepted: September 13, 2017
© The Author 2017. Published by Oxford University Press. All rights reserved. For Permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com.

371

Downloaded from <https://academic.oup.com/jnci/article/110/4/djx209>

Desafio “Artigo Científico”

Questões orientadoras

- Quando e onde foi publicado o artigo?

R: O artigo foi primeiramente publicado online em 2017, na revista JNCL – Journal Natl Cancer Institute.

- Qual o objetivo da investigação?

R: Utilizando as técnicas NGS (*Next Generation Sequencing*) e RNA -Seq (*Whole Transcriptome Sequencing*), realizar uma caracterização genómica alargada de 65 PTC (*Papillary Thyroid Carcinoma/ Carcinoma Papilar da Tiroide*) diagnosticados no *cohort* Americano – Ucrainiano, e avaliar a associação entre tipos específicos de alterações genéticas e a exposição da tiroide a doses de I – 131.

- Quais as características da população incluída no estudo (critérios de inclusão)?

R: O *cohort* consistiu em 13 243 ucranianos residentes, todos com menos de 18 anos de idade aquando do acidente; foram realizadas medições diretas da radioatividade na tiroide nos dois primeiros meses de exposição à radiação; tinham de viver num dos três estados mais contaminados da Ucrânia.

- Em média, que idade tinha a população incluída no estudo aquando do acidente de Chernobyl? E qual o intervalo de idades considerado?

R: Em média, os doentes tinham 8.1 anos aquando do acidente de Chernobyl (intervalo entre 5 meses e 17 anos)

- Em média, que idade tinham quando foram submetidos a cirurgia?

R: 24,7 anos

- Em média, qual a dose de radiação a que foram expostos?

R: 1,1 Gy

Nota: O gray, cujo símbolo é Gy, é a unidade SI de dose absorvida

- Quantos doentes tinham *Point mutations*? E *Gene fusions*?

R: *Point mutations*: 17 (26,2%); *Gene fusions*: 46 (70,8%)

- Quais os genes afetados (com mutações) nas *Point mutations*?

R: Genes afetados em *point mutations*: BRAF V600E (em 10 tumores); NRAS (em 4 tumores Q61Rx3, Q61K); HRAS Q61 K (1 tumor); TSHR I568F (1 tumor) e um tumor com as mutações BRAF V600E e NRS Q61R.

- Que mutações foram mais frequentes: *Point mutations* ou *Gene fusions*?

R: *Point mutations* foram identificadas em 26,2% dos casos em estudo (17 casos), enquanto que os *Gene fusions* foram muito mais comuns, observados em 70,8% desses tumores (46 casos), de um total de 65 PTCs. Dois foram de alterações genéticas desconhecidas.

- Quais as *Gene fusions* mais frequentes?

R: As fusões RET foram os tipos de fusões mais prevalentes, mais concretamente as RET/PTC1 e RET/PTC3.

Nota: Foram também identificadas fusões RET mais invulgares (raras), nomeadamente uma nova SQSTM1- RET. (Ver fig. 1 para mais detalhes)

- Quais as conclusões que os investigadores apontam na discussão do artigo? E que limitações identificam?

R: Este estudo identificou mutações conhecidas e novas mutações em quase todos os cancros da tiroide em doentes expostos às radiações liberadas após o acidente de Chernobyl, demonstrando não apenas que as fusões de genes representam as mutações mais comuns nestes tumores, mas também que a sua presença é proporcional às doses de I-131 absorvidas pela tiroide. Estes dados fornecem também evidência da existência de uma dose-dependência no surgimento de fusão de genes como mecanismo predominante de carcinogénese por radiação.

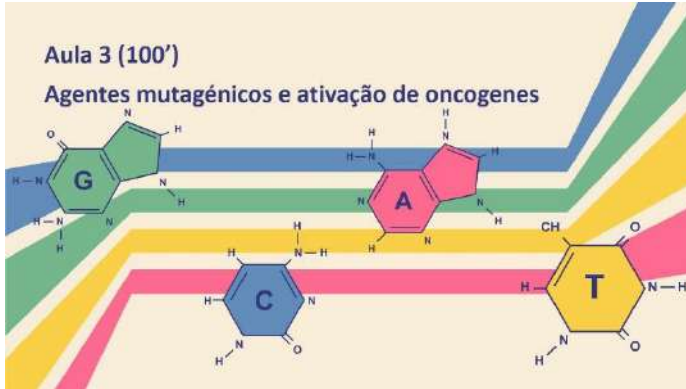
Existem várias limitações a ter em consideração. O presente estudo baseia-se em apenas 62,5% de todos os casos de PTC diagnosticados no *cohort* Ucrainiano -Americano (devido ao *screening*), o que contribuiu para reduzir o poder estatístico da análise.

Não foi considerado o impacto das incertezas na estimativa das doses, 95% das quais são atribuídas a massas desconhecidas da tiroide e à presença de I-131 na tiroide em 1986.

Crítérios de atribuição de “pontos de DNA” aos grupos

Tópico	Compreensão do artigo	Capacidade de síntese	Organização e clareza
Descritivo	- Demonstram uma compreensão completa do artigo científico, incluindo as questões de investigação, métodos utilizados e discussão realizada pelos autores	- Demonstram capacidade de resumir de forma concisa as informações essenciais do artigo, destacando os pontos-chave, descobertas significativas e implicações relevantes	- Apresentam o resumo de uma forma clara e organizada, com uma estrutura lógica e coerente - Utilizam de forma adequada parágrafos, tópicos e transições para facilitar a compreensão do texto
Pontuação	40	40	20

Apêndice C3 – Slide Kit aula 3



Agentes mutagénicos e ativação de oncogenes

“Take Home Message” / Grupo 1 (Destaques da aula 1)

Desafio de Grupo!

Agentes mutagénicos e cancro

LIGA PORTUGUESA CONTRA O CANCRO

Liga Portuguesa Contra o Cancro | [ligacancer.pt](http://www.ligacancer.pt)

Agentes mutagénicos e cancro

Cancro
Proliferação descontrolada de células que afeta os organismos multicelulares (não-hereditária, pode haver predisposição por alguns fatores genéticos)

Estimativa 80% dos cancros humanos devidos a agentes mutagénicos (por exemplo, radiação UV)

Emacvius | 11/11/2012 | Avon

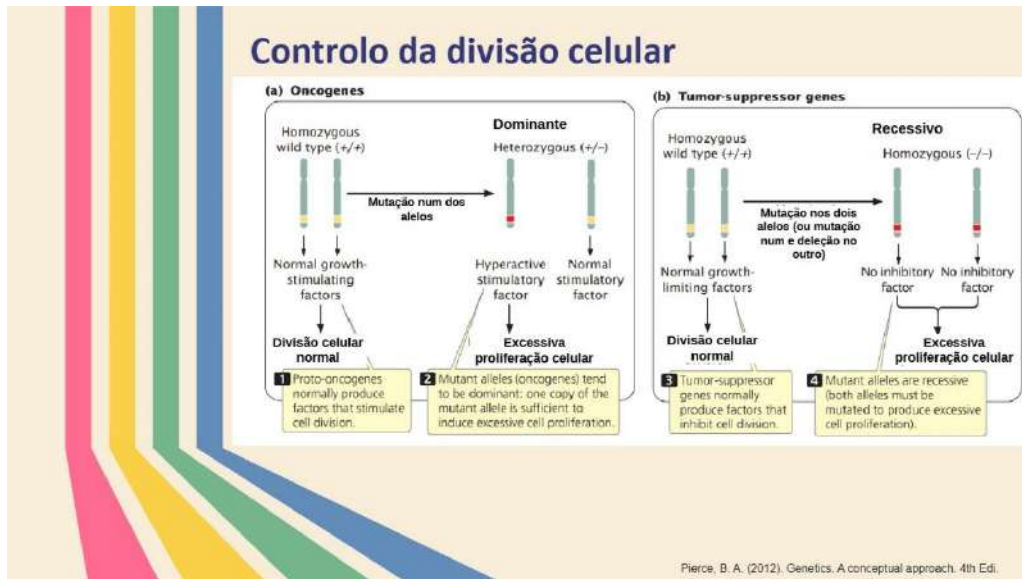
Controlo da divisão celular

Moléculas que estimulam a divisão celular:

Proto-oncogenes: Genes geralmente envolvidos na síntese de proteínas que estimulam e controlam o crescimento e a divisão celulares.

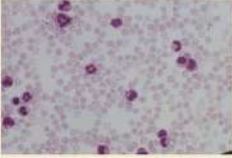
Moléculas que inibem a divisão celular:

Genes supressores tumorais: Genes que mantêm a integridade do genoma ou inibem a divisão celular.



Controlo da divisão celular - Oncogenes

A Leucemia Mieloide Crónica



Fonte: Leucemias crónicas - APCL



Adaptado de Associação Portuguesa Contra a Leucemia
<https://www.apcl.pt/pt/doencas-do-sangue/leucemias/leucemias-chronicas#mieloide>.

1. Doentes com LMC apresentam o cromossoma 22 mais curto (Filadélfia)
2. Translocação cromossómica recíproca entre sequências genéticas dos braços longos dos cromossomas 9 e 22.
3. Após a translocação, o cromossoma 22 conterá uma fusão génica formada pela região reguladora do gene BCR e, dependendo do ponto de quebra, mais alguns nucleótidos deste gene, com o proto-oncogene ABL resultando BCR-ABL.
4. O gene BCR-ABL codifica uma proteína tirosina-cinase (BCR/ABL) permanentemente ativa
5. Inibe a apoptose celular, inibe a diferenciação celular e ativa a mitose celular

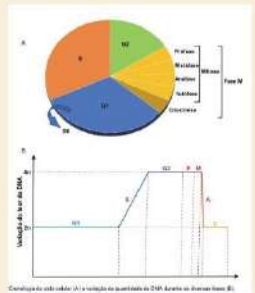
Controlo da divisão celular - Oncogenes

A Leucemia Mieloide Crónica




Desafio de Grupo!
Pg. 121 / 10 min

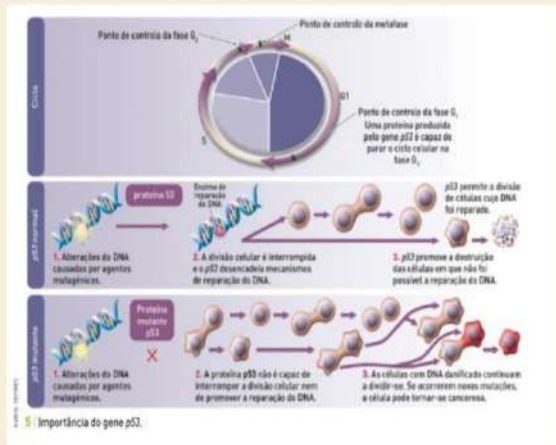
Controlo da divisão celular - Ciclo celular



Condição do ciclo celular (A) e variação da quantidade de DNA durante os diversos fases (B).

Figueiredo, A., Peiris, L., Barros, J. (2019). Guia Prático de Biologia Celular, FCSL.

Controlo da divisão celular – Genes supressores de tumores



Escola Virtual. BioFoco12, Areal

Controlo da divisão celular – Genes supressores de tumores

<p>Gene p53</p> <p>Produz uma proteína – Proteína p53 – capaz de parar o ciclo celular na fase G1 e ativar outros genes "suicidas" - Apoptose</p>	<p>BRCA- 1 e BRCA - 2</p> <p>Codificam proteínas envolvidas na reparação do DNA. Mutações nos seus genes são frequentemente encontradas em alguns tipos de cancro, nomeadamente o da mama</p>
<p>Gene RB</p> <p>Produz uma proteína que funciona como regulador negativo / Inibe a transcrição de genes necessários para a replicação do DNA.</p>	

Causas das mutações

Gene p53

[Oncogenes and Tumor Suppressor Genes - Tumor Genetics \(youtube.com\)](#)

BRCA-1 e BRCA- 2e RB

[3. Understanding More About Breast Cancer Protection Genes BRCA1 and BRCA2 \(youtube.com\)](#)

Características que permitem a células normais tornarem-se cancerígenas

- SELF - SUFFICIENCY IN GROWTH SIGNALS:**
Capacidade das células se multiplicarem na ausência de sinais que lhes permitam crescer
- INSENSITIVITY TO ANTI - GROWTH SIGNALS:**
Resistem aos sinais de parar o crescimento
- EVADING APOPTOSIS:**
Resistem à sua morte programada
- LIMITLESS REPLICATIVE POTENTIAL**
Podem multiplicar-se indefinidamente
- SUSTAINED ANGIOGENESIS:**
Estimulam o crescimento de vasos sanguíneos que permitam fornecer nutrientes às células tumorais
- TISSUE INVASION AND METASTASES:**
Invadem os tecidos circundantes e propagam-se para outros locais no organismo

Conteúdos extra

WEINBERG, R. A. et al. The hallmarks of cancer. *Cell*, v. 100, n. 1, p. 67-70, 2000.

Características que permitem a células normais tornarem-se cancerígenas


Conteúdos extra

WEINBERG, R.A. et al. The Biology of Cancer. 2nd ed. W. H. Freeman & Co., 2008. p. 15-16-70-2209

- ABNORMAL METABOLIC PATHWAYS
- EVADING THE IMMUNE SYSTEM
- GENOME INSTABILITY
- INFLAMATION

Controlo da divisão celular – Revisão


Porque é que os oncogenes são habitualmente dominantes, enquanto os genes supressores de tumores são recessivos?



Desafio de Grupo!

Controlo da divisão celular – Revisão

Numas determinadas células cancerígenas, um certo gene foi duplicado muitas vezes. É provável que este gene seja um oncogene ou um gene supressor de tumores? Expliquem o motivo.



Desafio de Grupo!

Apêndice C4 – Slide Kit aula 4

Aula 4 (50')
Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

Discussão das ideias para a sessão "Questão debate"

Até que ponto devemos permitir a manipulação genética em seres humanos para corrigir mutações génicas hereditárias?

Meet the Expert!

Dra. Ana Lopes (H. Egas Moniz)
 Dra. Cláudia Linares (H. Egas Moniz)

3 Questões para cada especialista
 Até 24 abril

Desafio de Grupo!

CENTRO HOSPITALAR UNIVERSITÁRIO DE SÃO JOÃO ORGANIZAÇÃO

U LISBOA **ME FACULDADE DE MEDICINA LISBOA**

Diretor

Clinicas Universitárias	Institutos	Laboratórios	Departamentos	Áreas Disciplinares Autônomas	Unidades de Investigação Autônomas
Anestesiologia e Reanimação Cardologia Cirurgia Cirurgia Cardíaca Aberta Cirurgia Endoscópica e Minimamente Invasiva Cirurgia Torácica Dermatologia e Dermatologia Doenças Infecciosas Epidemiologia Ecocardiologia Geriatria Hematologia Hepatologia Infecção Hospitalar Medicina Geral e Familiar Medicina Medicina I Medicina Intensiva Nefrologia Neurologia Obstetícia e Ginecologia Oftalmologia Oncologia Médica Ortopedia Patologia Pneumologia Psiquiatria e Psiquiatria Médica Radiologia	Análises Patológicas Bioquímica Farmacologia e Neurociências Fisiologia Histologia e Biologia do Desenvolvimento Medicina Natural Microbiologia Saúde Ambiental (SESAE) Semiótica Clínica	Farmacologia Clínica e Terapêutica Genética Imunologia Básica Fisiologia Clínica Nutrição	Departamento de Educação Médica (UEM)	Biostatística Ética e Desempenho Médico Fisiopatologia Genética Imuno-Oncologia Introdução à Clínica Introdução à Medicina Medicina Laboratorial Medicina Legal e Ciências Forenses Oncobiologia	Centro de Bioética Centro Coordenador de Unidades de Ensino (CCUE) Centro de Estudos Egas Moniz (CEEM) Centro de Estudos de Medicina Farmacológica Centro de Estudos de Medicina Baseada em Evidências (C.E.M.B.E.) Centro de Medicina Política

Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

C
A
C
G
A
C
T
T
C
A
C
G
A
C
T
T

Têm sido objeto de muita investigação em oncologia

A nível molecular, ficou demonstrado que as viroses podem causar cancro por diversas vias

Codificando proteínas que inibem os genes supressores de tumores da célula hospedeira, como os genes p53 e o gene RB

Ativando de forma inadequada a expressão de proto-oncogenes do hospedeiro

A infeção do trato anovaginal pelo vírus do Papiloma Humano (HPV) é a infeção sexualmente transmissível mais frequente

G
T
G
C
T
G
A
A
G
T
G
C
T
G
A
A

Escola virtual BioFoot12, Aveal

Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

Capacidade de alterar o ciclo normal das células infetadas

↓

Inserção de promotores, transportados pelos virus, junto a um proto-oncogene

Podem ser portadores de oncogenes

↓

A expressão do oncogene promove o desenvolvimento de cancro.

Escola virtual BioFoot12, Aveal


Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

VIRUS	DESCRIÇÃO
Virus do sarcoma de Rous	Provoca sarcoma em galinhas.
Virus do sarcoma dos símios	Provoca sarcoma em macacos.
Virus da hepatite B	Provoca cancro de fígado em diversas espécies, incluindo os macacos.
Papillomavirus	Provoca diversos tumores benignos e malignos. Na espécie humana, é responsável pelo cancro do colo do útero.
Virus Epstein-Barr	Provoca linfoma de Burkitt, que surge nos indivíduos imunodeprimidos, nomeadamente nos doentes com SIDA.

Escola virtual BioFoot12, Aveal

Vírus oncogénicos ou causadores de cancro

Atividade pg. 124



Desafio de Grupo!

Escola virtual BioFoot12, Aveal

DESAFIO

Elaboração de um trabalho de grupo que inclui a criação de um poster a partir de frases e imagens relacionadas com mutações (materiais disponibilizados pelo professor).

Os alunos terão na sua mesa:

- Recortes com frases relativas aos principais tipos de mutações cromossómicas

- Cartolina

- Tesoura e cola

Objetivo: Deverão ler as frases que lhes foram fornecidas e organizá-las na cartolina de forma a que façam sentido e “contem uma história”. Deverão também escolher e organizar as imagens mais adequadas a esse objetivo (20 min). Por fim deverão colar todos os conteúdos na cartolina e treinarem entre si a apresentação do poster (20 min).

Dinâmica:

1ª PARTE (aprox. 50 min)

1. Organizar previamente a sala em “estações”, nas quais os grupos irão trabalhar

2. Distribuir os materiais por cada uma das estações

3. Apresentação inicial da atividade pelo professor (5 min)

4. Distribuir os grupos pelas estações

5. Os grupos preparam os seus posters (20 min)

6. Os grupos treinam a apresentação (20 min)

7. É escolhido um porta-voz de cada grupo para a primeira sessão de apresentações.

2ª PARTE (aprox. 50 min)

8. O primeiro porta-voz vai a uma estação e apresenta o poster do seu grupo. Durante esse período, os seus colegas recebem a apresentação do porta-voz de outro grupo e assim sucessivamente.

9. O segundo porta-voz vai a outra estação e apresenta o poster do seu grupo

10. O terceiro porta-voz vai a outra estação e apresenta o poster do seu grupo

11. Os restantes colegas de cada grupo ficam na sua estação e recebem a “visita” de outros colegas.

Duração da atividade: 100 minutos.

Notas: Os grupos de trabalho já estão organizados das aulas anteriores.

Há três conjuntos de diferentes conteúdos sobre mutações. Cada grupo só recebe materiais relacionados com um dos três tipos.

6.1 FRASES SOBRE REARRANJOS CROMOSSÓMICOS (OU MUTAÇÕES CROMOSSÓMICAS ESTRUTURAIS)

As mutações cromossómicas podem ser agrupadas em três categorias base: Rearranjos cromossómicos (ou mutações cromossómicas estruturais), aneuploidias e poliploidias.

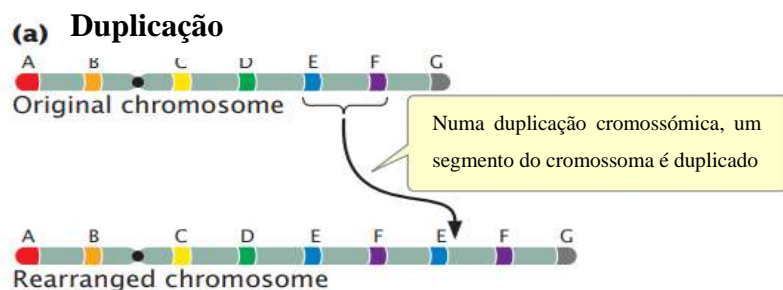
Os rearranjos cromossomáticos alteram a *estrutura* dos cromossomas. Por exemplo, uma parte de um cromossoma pode ser duplicado, apagado ou invertido.

Nas aneuploidias, o *número* de cromossomas é alterado: um ou mais cromossomas é adicionado ou eliminado (deleção).

Nas poliploidias, um ou mais conjuntos completos (sets) de cromossomas é adicionado.

Nas mutações cromossómicas estruturais verifica-se a manutenção do número de cromossomas, alterando-se apenas o arranjo e/ou o número de genes. Os rearranjos cromossómicos podem ser de quatro tipos: duplicações, deleções, inversões e translocações.

Duplicações: uma duplicação cromossómica é uma mutação na qual parte de um cromossoma foi duplicado.



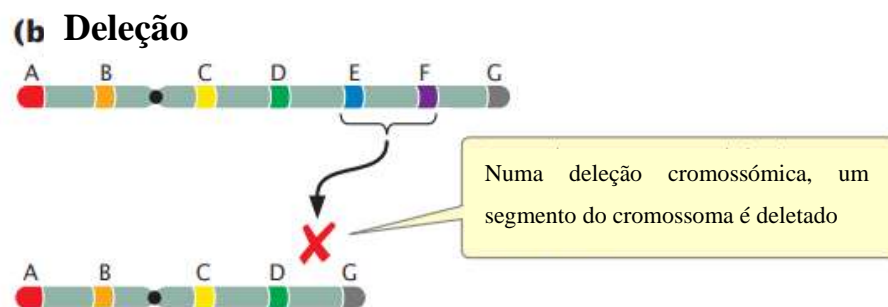
As duplicações podem ser duplicação tandem; duplicação deslocada ou duplicação reversa.

Duplicação tandem – A região duplicada está imediatamente adjacente ao segmento original

Duplicação deslocada – Quando o segmento duplicado está localizado a alguma distância do segmento original, quer seja no mesmo ou noutra cromossoma.

Duplicação inversa – Ao contrário da Duplicação tandem e da Duplicação deslocada, na duplicação inversa a orientação do segmento duplicado está também invertida.

Um tipo de rearranjos cromossómicos são **as deleções cromossómicas**, em que ocorre a perda de um segmento de um cromossoma. Uma grande deleção num cromossoma pode ser facilmente identificada porque o cromossoma fica visivelmente menor.

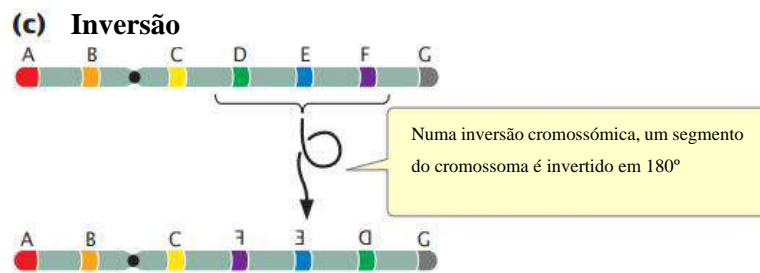


Nos seres humanos, a deleção cromossómica no braço curto de um dos cromossomas do par 5 é responsável pelo **síndrome Cri-du-chat**. Esta mutação traduz-se por algumas alterações fenotípicas como a microcefalia, atraso mental acentuado e pelos indivíduos afetados emitirem um choro tipicamente agudo, semelhante ao grito de um gato.

Se a deleção cromossómica for no braço curto do cromossoma 4 origina outra síndrome: **a síndrome Wolf- Hirschorn**. Fenotipicamente, os indivíduos com esta síndrome apresentam microcefalia, dismorfismo facial, baixo peso ao nascimento e atraso do desenvolvimento psicomotor, entre outras complicações.

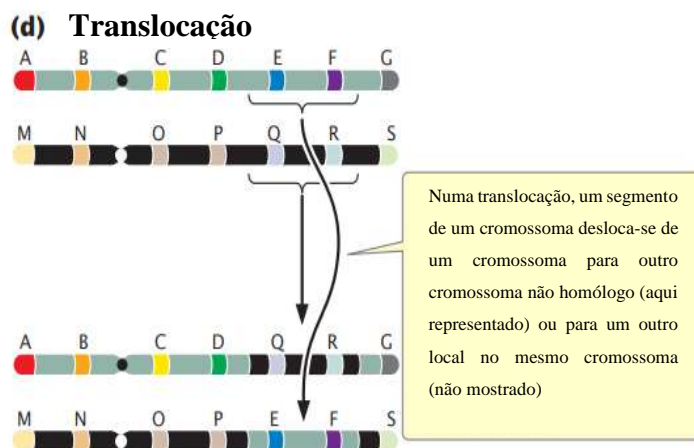
Outro tipo de rearranjo cromossômico é a **inversão cromossômica**, no qual o segmento de um cromossoma é invertido em 180 graus. Para que uma inversão ocorra, o cromossoma tem de ser quebrado em dois locais. As inversões são designadas paracêntricas se não incluírem o centrômero; ou pericêntricas se incluírem.

Os indivíduos com **inversões cromossômicas** não ganham nem perdem material genético: apenas a sequência de DNA é alterada.



As **translocações** são um tipo de rearranjo cromossômico que envolvem o movimento de material genético entre cromossomas não homólogos ou no mesmo cromossoma. A translocação não deve ser confundida com *crossing over*, durante o qual ocorre troca de material genético entre cromossomas homólogos.

A transferência de material de um cromossoma para outro não homólogo é designada Translocação simples. Se houver troca de segmentos entre dois cromossomas não homólogos designa-se Translocação recíproca.



Desafio problema do porta-voz aos colegas:

Um determinado cromossoma apresenta o seguinte segmento, com “.” a representar o centrómero:

ABCDE.FG

Que tipo de mutações cromossômicas estruturais são necessárias para mudar este cromossoma em cada um dos seguintes?

- a) ABE.FG
- b) AEDCB.GF
- c) ABABCDE.FG

Respostas:

- a) O cromossoma mutado sofreu uma deleção, com o segmento CD em falta
- b) O cromossoma mutado tem uma e apenas uma cópia de todos os genes, mas o segmento BCDE sofreu uma inversão de 180°. Como o centrómero não mudou de posição e não está na região invertida, é uma inversão paracêntrica.
- c) O cromossoma mutado é maior do que o normal, e podemos verificar que o segmento AB foi duplicado. Esta mutação é uma duplicação tandem.

6.2 FRASES SOBRE POLIPLOIDIAS

As mutações cromossômicas podem ser agrupadas em três categorias base: Rearranjos cromossômicos (ou mutações cromossômicas estruturais), aneuploidias e poliploidias.

Os rearranjos cromossômicos alteram a *estrutura* dos cromossomas. Por exemplo, uma parte de um cromossoma pode ser duplicado, removido ou invertido.

Nas aneuploidias, que podem afetar os cromossomas sexuais ou os autossomas, o *número* de cromossomas é alterado: um ou mais cromossomas é adicionado ou eliminado.

Nas poliploidias, um ou mais conjuntos completos (“sets”) de cromossomas é adicionado.

Os organismos são designados **euploides** se apresentarem um número de cromossomas que é um múltiplo exato de um lote ou conjunto de cromossomas, ou seja, possuem lotes completos de cromossomas. Exemplo: nas espécies diploides ($2n$) os organismos euploides têm dois conjuntos de cromossomas. A espécie humana é diploide ($2n = 46$), com 2 conjuntos de 23 cromossomas.

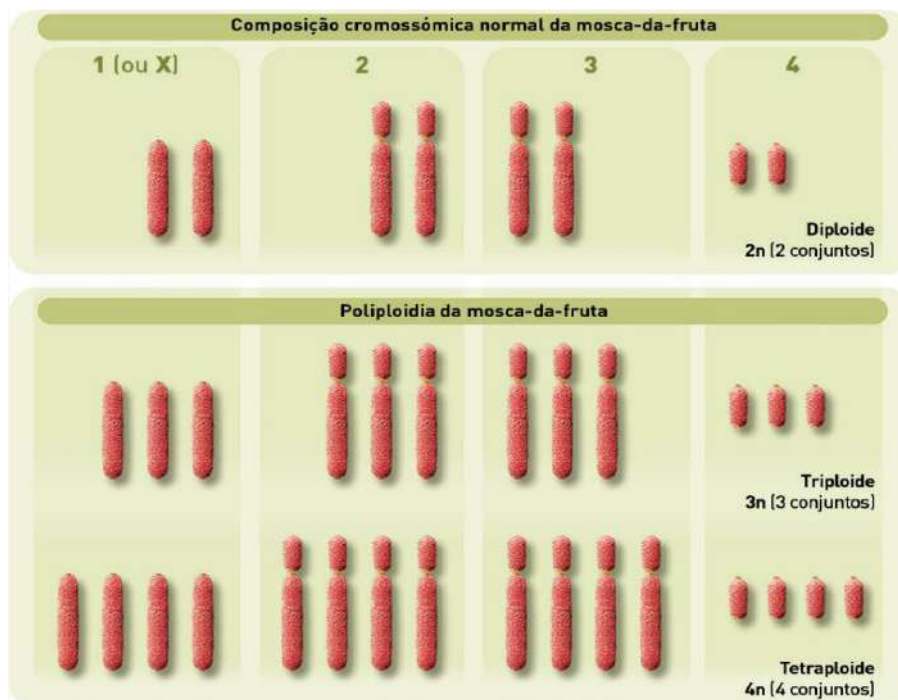
Poliploidias

Os organismos diploides ($2n$), durante a maior parte dos seus ciclos celulares, possuem dois conjuntos de cromossomas. Ocasionalmente, conjuntos completos de cromossomas não se separam na mitose ou na meiose, originando **poliploidias** – presença de mais do que dois conjuntos de cromossomas.

A poliploidia inclui a triploidia ($3n$), tetraploidia ($4n$), pentaploidia ($5n$) ou mais conjuntos (sets) de cromossomas.

Consideram-se dois tipos principais de poliploidia: Autopoliploidia, na qual todos os conjuntos de cromossomas provêm da mesma espécie e alopoliploidia, nos quais os conjuntos de cromossomas provêm de duas ou mais espécies.

Figura 1 Poliploidias na mosca-da-fruta ($2n = 8$).



Na espécie humana, a poliploidia é geralmente letal durante o desenvolvimento embrionário, sendo uma alteração cariotípica comum nos abortos ocorridos durante o primeiro trimestre de gravidez.

A poliploidia é mais rara nos animais e mais frequente nas plantas, nas quais pode levar à formação de novas espécies. Essas plantas apresentam, por vezes, sementes, flores e folhas maiores e constituem um exemplo de como as mutações podem apresentar vantagens. Muitos dos frutos utilizados na alimentação humana são poliploides, como as bananas ($3n$), amendoins ($84n$) ou morangos ($8n$).

Desafio problema do porta-voz aos colegas:

A espécie A possui $2n=14$ e espécie B $2n=20$.

Qual o número de cromossomas que se poderão encontrar nos seguintes indivíduos?

- a) Um indivíduo autotriploide da espécie A
- b) Um indivíduo autotetraploide da espécie B

Respostas:

a) O número haploide de cromossomas (n) para a espécie A é 7. Um indivíduo triploide é $3n$, pelo que $3 \times 7 = 21$.

b) Um indivíduo tetraploide é $4n$. o n para a espécie B é 10, pelo que $4n=4 \times 10=40$.

6.3 FRASES SOBRE ANEUPLOIDIAS

As mutações cromossómicas podem ser agrupadas em três categorias base: Rearranjos cromossómicos (ou mutações cromossómicas estruturais), aneuploidias e poliploidias.

Os rearranjos cromossomáticos alteram a *estrutura* dos cromossomas. Por exemplo, uma parte de um cromossoma pode ser duplicado, apagado ou invertido.

Nas aneuploidias, que podem afetar os cromossomas sexuais ou os autossomas, o *número* de cromossomas é alterado: um ou mais cromossomas é adicionado ou eliminado (deleção).

Nas poliploidias, um ou mais conjuntos completos (sets) de cromossomas é adicionado.

No caso da espécie humana, crê-se que 5% a 10% dos zigotos formados têm alterações no número de cromossomas, levando a abortos espontâneos numa fase precoce da gravidez.

Os organismos são designados **euploides** se apresentarem um número de cromossomas que é um múltiplo exato de um lote ou conjunto de cromossomas, ou seja, possuem lotes completos de cromossomas. Exemplo: nas espécies diploides ($2n$) os organismos euploides têm dois conjuntos de cromossomas. A espécie humana é diploide ($2n = 46$), com 2 conjuntos de 23 cromossomas.

Aneuploidias autossómicas

Nos indivíduos diploides podemos considerar quatro tipos mais comuns de aneuploidias autossómicas: monossomia, trissomia, tetrasomia e nulissomia

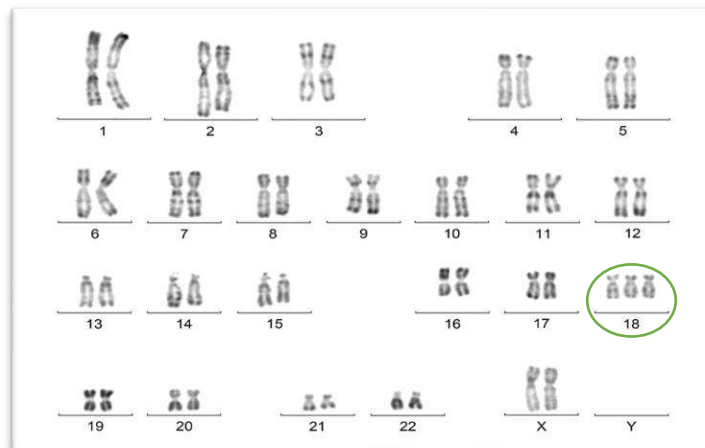
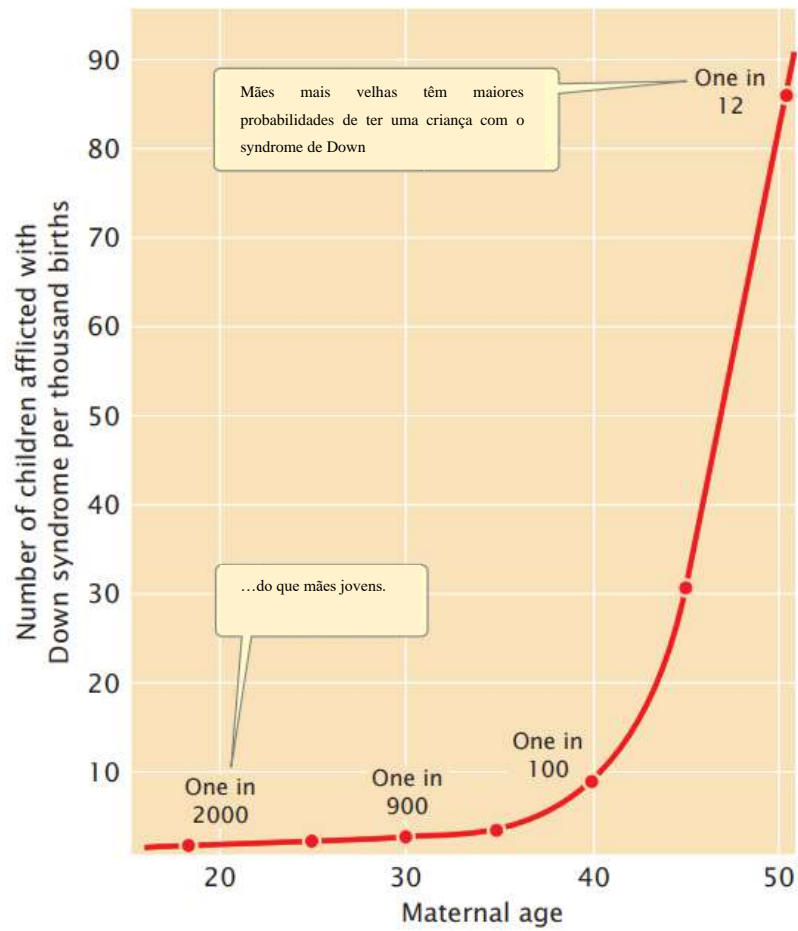
Monossomia – perda de um único cromossoma, representado por $2n - 1$. Um zigoto humano monossómico possui 45 cromossomas.

Trissomia – Ganho de um único cromossoma, representado por $2n + 1$. Um zigoto humano trissómico possui 47 cromossomas. O ganho de mais um cromossoma significa que existem três cópias homólogas de um cromossoma. A maior parte das síndromes de Down resultam de trissomia no cromossoma 21.

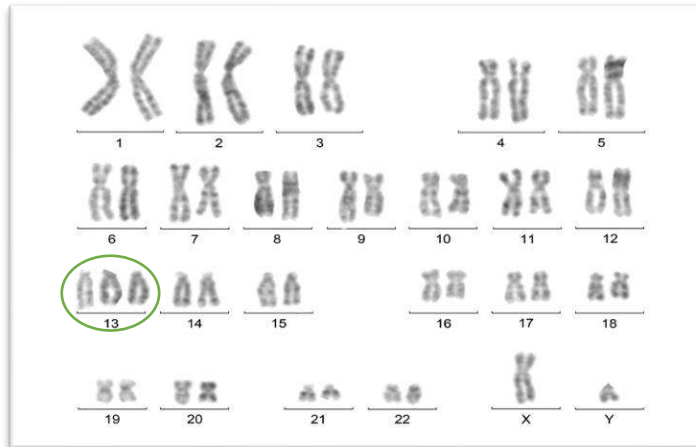
Aneuploidias em autossomas (cromossomas não sexuais)



Cariótipo de indivíduo com Trissomia 21 ($47 XX + 21$) – Síndrome de Down (1: 800 nascimentos)



Cariótipo de indivíduo com Trissomia 18 (47 XY + 18) – Síndrome de Edwards
(1: 6000 nascimentos, maioria do sexo feminino)



Cariótipo de indivíduo com síndrome de Patau Trissomia 13 ($47 XY + 13$); 1: 15000 nascimentos

Tetrasomia – Ganho de dois cromossomas homólogos, representado por $2n + 2$. Um zigoto humano tetrasómico possui 48 cromossomas. A tetrasomia não corresponde ao ganho de quaisquer cromossomas extra, mas apenas o ganho de dois cromossomas homólogos, pelo que terá quatro cópias homólogas de um dado cromossoma.

Nulissomia – Casos muito raros em que pode não existir nenhum cromossoma de um determinado par.

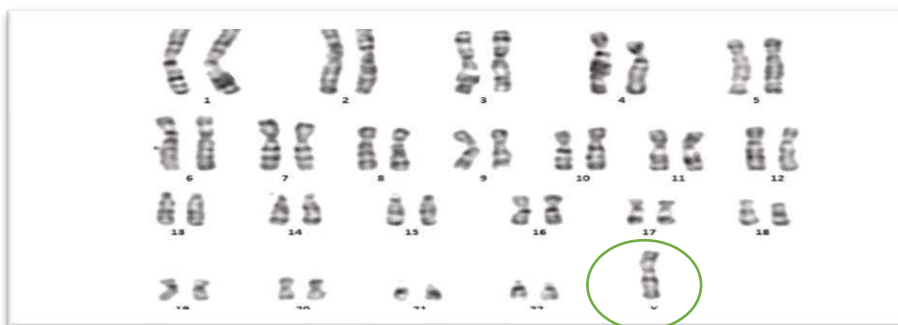
Aneuploidias em cromossomas sexuais

As Aneuploidias que envolvem cromossomas sexuais são geralmente menos graves do que as aneuploidias autossómicas.

Cariótipo de indivíduo com síndrome de Klinefelter.



Síndrome de Klinefelter ($47 XXY$) (1: 1000 indivíduos do sexo masculino)



Síndrome de Turner (45 X0) (1: 5000 indivíduos do sexo feminino)

Referências Bibliográficas

Escola virtual. BioFoco12, Areal

Pierce, B. A. (2012). Genetics. A conceptual approach. 4th Edi.

Critérios de atribuição de “pontos de DNA” aos grupos

Os seguintes critérios de avaliação pretendem garantir uma abordagem abrangente e equilibrada do trabalho de grupo, incentivando os alunos a desenvolverem habilidades de pesquisa, organização, comunicação e colaboração, enquanto exploram os vários tipos de mutações cromossômicas.

Tópico	Organização de Frases e imagens	Treino de Apresentação	Cooperação e Trabalho de Grupo	Apresentação Oral
Duração	20 min	20 min	Toda a atividade	Apresentação 10 min
Descritivo	<ul style="list-style-type: none"> - Organização lógica das frases para criar um fluxo narrativo coerente e informativo sobre o tipo de mutação selecionado. - Escolha de imagens relevantes e adequadas que complementam as frases selecionadas. - Utilização eficaz das imagens para ilustrar e enriquecer o conteúdo apresentado na cartolina - Utilização adequada do espaço disponível na cartolina para apresentar o conteúdo de forma eficaz. 	<ul style="list-style-type: none"> - Os elementos do grupo treinam entre si a apresentação e demonstram estar preparados para a apresentar aos colegas 	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstração de colaboração efetiva entre os membros do grupo durante todas as fases do trabalho. - Distribuição equitativa de tarefas e responsabilidades entre os membros do grupo. - Respeito pelas opiniões e contribuições de todos os membros do grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clareza na apresentação das informações sobre o tipo de mutação cromossômica selecionada. - Habilidade em comunicar as principais características e consequências do tipo de mutação de forma compreensível para os colegas. - Capacidade de responder a perguntas e esclarecer dúvidas dos colegas de forma concisa e precisa
Pontuação	20	20	20	20

Apêndice C6 – Slide Kit aula 12

QUESTÃO DESAFIO:
ATÉ QUE PONTO DEVEMOS PERMITIR A MANIPULAÇÃO GENÉTICA EM SERES HUMANOS PARA CORRIGIR MUTAÇÕES GÊNICAS HEREDITÁRIAS?

BIOLOGIA 12º A

22 DE MAIO 2024

✓ **GAMIFICAÇÃO DO CONTEÚDO “ALTERAÇÕES DO MATERIAL GENÉTICO – MUTAÇÕES”**

Nº GRUPO	Alunos	TOTAL ACUMULADO
OS TARDOS	João Rocha	870,00
	Ayoub Macsud	
	Diana Barros	
	Cátia Costa	
	Média	
PAPÓILAS	Beatriz Patrício	844,67
	Bruna Neto	
	José	
	Lúcia Seixas	
Média		

JOÃO ECOMPANHIA	Edson Monteiro David Carrujo Marcio Nzovo João Cruz	TOTAL ACUMULADO
Média		793,75
MENDEL'S PEAS	Guilherme Paiva Ricardo Kanhoca Bernardo Silva	TOTAL ACUMULADO
Média		943,33
BUTTERFLY	Barbara Ascenso Mafalda Landeiro María Calado	TOTAL ACUMULADO
Média		785,00

TOMÁS TURBANDO	Laurenço Bald Pedro Monteiro Itaíael Silva	TOTAL ACUMULADO
Média		995,00
CARANGUEJO	Zaira Rahmani Vitória Santos Tomás Ferreira	TOTAL ACUMULADO
Média		868,33

✓ **O MELHOR COLEGA!**

✓ **QUESTÃO DESAFIO**

A VACINAÇÃO PROMOVE UMA VIDA MAIS LONGA?

Francisco George

Verdade. A fundamentação científica que comprova os benefícios da vacinação é vastíssima. Além de ser segura, previne a transmissão de infeções, incluindo a hepatite B e vírus do papiloma humano, que estão na origem de doenças cancerosas. Tão importante como prolongar a vida de cada pessoa, a vacinação tem outros benefícios: tanto para quem é vacinado, ao proteger a família e a comunidade, como para o Estado, por reduzir as admissões hospitalares por doenças que foram evitadas. Hoje, todos os médicos sabem que

Fonte: Jornal "Expresso"; 3 maio 2024

✓ QUESTÃO DESAFIO



1. UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) – Banir, a nível internacional, qualquer investigação sobre edição genética em embriões humanos

TÉCNICAS DE EDIÇÃO GÉNICA

2. NIH (National Institutes of Health, US) – Estas investigações são uma “linha que não devemos ultrapassar”

✓

CIENCIA

Empresa nacional em busca do elixir da juventude

Nova biotecnológica investiga terapia para eliminar células responsáveis pelo envelhecimento

DIANA PEREIRA BASTOS

Admirável e ainda desconhecida, a edição genética está a tornar-se uma das técnicas de vanguarda da biotecnologia. Uma das empresas portuguesas que se dedica a esta área é a CeBioLife, fundada por Nuno Progo, Paulo Vitorino e Paula Vidosa. A empresa tem vindo a desenvolver uma terapia para eliminar as células responsáveis pelo envelhecimento, que são chamadas de células senescentes. Estas células são produzidas naturalmente ao longo da vida, mas a sua acumulação pode contribuir para o envelhecimento precoce e para várias doenças associadas à idade, como o cancro e a diabetes. A CeBioLife desenvolveu uma terapia baseada na edição genética para eliminar estas células. A terapia utiliza um sistema de entrega de genes que permite a introdução de genes que induzem a morte das células senescentes. A CeBioLife desenvolveu esta terapia em colaboração com o Instituto de Medicina Molecular da Universidade Nova de Lisboa. A empresa espera que esta terapia possa ser utilizada para tratar o envelhecimento precoce e as doenças associadas à idade.

Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

A CeBioLife desenvolveu uma terapia baseada na edição genética para eliminar estas células. A terapia utiliza um sistema de entrega de genes que permite a introdução de genes que induzem a morte das células senescentes. A CeBioLife desenvolveu esta terapia em colaboração com o Instituto de Medicina Molecular da Universidade Nova de Lisboa. A empresa espera que esta terapia possa ser utilizada para tratar o envelhecimento precoce e as doenças associadas à idade.

Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

✓

CIENCIA

Empresa nacional em busca do elixir da juventude

Nova biotecnológica investiga terapia para eliminar células responsáveis pelo envelhecimento

DIANA PEREIRA BASTOS

Admirável e ainda desconhecida, a edição genética está a tornar-se uma das técnicas de vanguarda da biotecnologia. Uma das empresas portuguesas que se dedica a esta área é a CeBioLife, fundada por Nuno Progo, Paulo Vitorino e Paula Vidosa. A empresa tem vindo a desenvolver uma terapia para eliminar as células responsáveis pelo envelhecimento, que são chamadas de células senescentes. Estas células são produzidas naturalmente ao longo da vida, mas a sua acumulação pode contribuir para o envelhecimento precoce e para várias doenças associadas à idade, como o cancro e a diabetes. A CeBioLife desenvolveu uma terapia baseada na edição genética para eliminar estas células. A terapia utiliza um sistema de entrega de genes que permite a introdução de genes que induzem a morte das células senescentes. A CeBioLife desenvolveu esta terapia em colaboração com o Instituto de Medicina Molecular da Universidade Nova de Lisboa. A empresa espera que esta terapia possa ser utilizada para tratar o envelhecimento precoce e as doenças associadas à idade.

Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

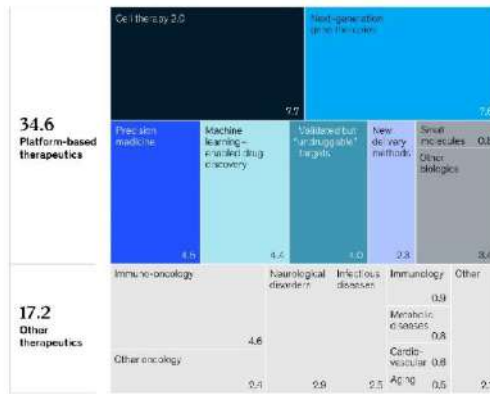
Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

A CeBioLife desenvolveu uma terapia baseada na edição genética para eliminar estas células. A terapia utiliza um sistema de entrega de genes que permite a introdução de genes que induzem a morte das células senescentes. A CeBioLife desenvolveu esta terapia em colaboração com o Instituto de Medicina Molecular da Universidade Nova de Lisboa. A empresa espera que esta terapia possa ser utilizada para tratar o envelhecimento precoce e as doenças associadas à idade.

Paula Vidosa, a CeBioLife, que em janeiro vendeu as patentes da terapia genética a HaktTech. A dupla segue agora para a Valónia

What are the biotech investment themes that will shape the industry?

Seed to series C VC funding in privately held biotech companies, 2019-21, \$ billion



Next generation platform technologies are driving the biotech VC surge | McKinsey
 Venture capital (VC) = Capital de risco therapeutic-based biotech companies

ITQB – Instituto de Tecnologia Química e Biológica, 18 maio 2024

CRISPR: UNINDO O CONHECIMENTO FUNDAMENTAL E A NOVA TECNOLOGIA PARA AUMENTAR A TOLERÂNCIA DO ARROZ AO CALOR

Como é que o stress de calor afeta a reprodução do arroz?

1. Identificar genes candidatos para melhorar a tolerância ao calor durante a reprodução em arroz.
 - Tarjetas a priori (DBS, RNAi)
 - Edição de sequências (CRISPR)
 - Seleção dos genes candidatos
2. Criação de plantas mais tolerantes ao stress de calor.
 - Identificação de genes candidatos
 - Edição de genes candidatos com CRISPR-Cas9
 - Validação de plantas
 - Plantas melhoradas para serem testadas no campo
 - Plantas regeneradas
3. Melhorar os stress enfrentados ao respeito ao calor durante a reprodução.
 - Plantas com arroz
 - Plantas melhoradas
 - Propriedade desenvolvida sob stress de calor

✓ QUESTÃO DESAFIO

- A perspetiva médica: Prevenir doenças
- Single gene disorders
- Other disorders
- A perspetiva de investigação

ARGUMENTAÇÃO "A FAVOR"

✓ QUESTÃO DESAFIO

- Risco e incerteza relacionada com a tecnologia e a sua aplicação ("off target" mutations, por exemplo)
- Alterações na linha germinativa: consequências para as futuras gerações
- O consentimento e autonomia das gerações futuras
- Utilização para melhoramento da espécie
- Impactos ambientais a longo prazo

ARGUMENTAÇÃO "CONTRA"

Apêndice D –Apresentação das Missões

MISSÃO

ESTÁ NAS TUAS MÃOS PROTEGER OS GENES DOS TRABALHADORES EUROPEUS!

Olá,

No **1º artigo da Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos**, adotado pela UNESCO a 11 de novembro de 1997 é referido que “o genoma humano tem subjacente a unidade fundamental de todos os membros da família humana, bem como o reconhecimento da sua inerente dignidade e diversidade. Em sentido simbólico, constitui o património da Humanidade”. É esse genoma que cabe a todos respeitar e proteger.

Para cumprir esta missão, imagina que o teu grupo representa uma entidade cuja responsabilidade é **alertar e fazer cumprir a legislação europeia relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos** durante o trabalho. Nesse sentido, deverão preparar uma apresentação para uma plateia de empresários cujas empresas utilizam estas substâncias nos seus produtos, indicando todas as regras que deverão cumprir para garantir a segurança e saúde de todos os seus colaboradores. A apresentação deve ter por isso como base a referida legislação europeia, abordando tópicos como as obrigações das entidades patronais, medidas de higiene e de proteção individual, procedimentos em casos de exposição previsível ou imprevisível, formação dos trabalhadores e todas as outras áreas que cada grupo considerar relevante para este fim.

Adicionalmente, será também escolhido um grupo que abordará a **legislação europeia e nacional referente ao tabagismo**.

“Smoking causes at least 15 different types of cancer. And tobacco is the biggest cause of cancer in the world”.

<https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/causes-of-cancer/smoking-and-cancer>

Critérios de Atribuição de “Pontos de DNA”

Grupo:

Data da Apresentação:

	Insuficiente (0-7)	Suficiente (8-13)	Bom (14-19)	Excelente (20-25)
Compreensão da Legislação Europeia	Pouca ou nenhuma compreensão da legislação relevante	Demonstração de compreensão sólida da legislação relevante, com poucas imprecisões.	Excelente compreensão da legislação europeia relacionada à proteção do genoma dos trabalhadores.	Profunda compreensão da legislação europeia, com insights avançados e conexões claras com o tema do trabalho.
Qualidade da Investigação	Nenhuma ou pouca evidência de investigação, com fontes limitadas ou pouco relevantes	Investigação satisfatória, com uso de fontes relevantes e diversificadas.	Investigação substancial, com utilização eficaz de fontes diversas e pertinentes.	Investigação exaustiva, com evidências claras de uma compreensão profunda do tema e referências de alta qualidade.
Clareza e Coerência da Apresentação	Apresentação confusa e desorganizada, com falta de clareza na comunicação	Apresentação globalmente clara e coerente, com uma estrutura lógica e transições suaves entre os tópicos.	Apresentação altamente clara e bem estruturada, com uma narrativa fluida e coesa.	Apresentação excepcionalmente clara e coerente, demonstrando uma comunicação eficaz e uma organização meticulosa.
Impacto e interação com a audiência	A apresentação carece de impacto e não desperta a atenção da audiência. Nem todos os elementos do grupo participam na apresentação	O grupo envolve alguns colegas durante a apresentação, mas de forma limitada. Alguns membros da audiência podem participar ativamente, mas o impacto da apresentação é moderado. A participação de todos os membros do grupo é observada, mas não de forma equilibrada	O grupo envolve a maioria dos colegas durante a apresentação, criando um impacto significativo. Os membros da audiência demonstram interesse e participam ativamente. Todos os membros do grupo participam de forma equilibrada e contribuem para o sucesso da apresentação.	O grupo envolve os colegas de forma eficaz e cativante durante a apresentação, causando um impacto profundo, gerando discussões significativas e reflexões adicionais. Todos os membros do grupo participam ativamente.

Apêndice E – Poster Individual: Descritores de Desempenho

CRITÉRIOS	Descritores de Desempenho			
	Nível 4	Nível 3	Nível 2	Nível 1
Título (4 pontos) Adequação do Título	O título descreve com objetividade os temas em estudo.	O título descreve de forma pouco objetiva os temas em estudo.	O título descreve apenas um dos temas em estudo.	O título é completamente inadequado em relação ao(s) tema(s) em estudo.
Resumo (10 pontos) Adequação do Resumo	O Resumo descreve de forma sucinta e objetiva os temas em estudo.	O Resumo descreve de forma sucinta, mas pouco objetiva os temas em estudo.	O Resumo não consegue descrever de forma sucinta e objetiva os temas em estudo.	O Resumo é inadequado em relação aos temas em estudo.
Palavras-chave (6 pontos)	Coloca todas as palavras-chave (cerca de 6) inerentes ao trabalho apresentado.	Coloca a maioria das palavras-chave (4-3) inerentes ao trabalho apresentado.	Coloca poucas das palavras-chave (1-2) inerentes ao trabalho apresentado.	As palavras-chave não são adequadas ao trabalho apresentado.
Introdução (30 pontos)	Faz uma apresentação sucinta, objetiva e apelativa dos temas gerais em estudo, revelando um cunho pessoal.	Faz uma apresentação sucinta, objetiva e apelativa dos temas gerais em estudo.	Faz uma apresentação sucinta, objetiva dos temas gerais em estudo.	Os temas gerais em estudo são apresentados de forma incompleta e/ou confusa
Desenvolvimento (60 pontos) Mutações Eng. Genética	Explica e ilustra, corretamente, todos os fundamentos teóricos relativos ao tema em estudo. Pesquisa variada e coesa. Faz uma opção válida da técnica de Eng. Genética Defende corretamente e de modo pessoal a técnica escolhida	Explica e ilustra, corretamente, a maioria dos fundamentos teóricos relativos ao tema em estudo. Pesquisa variada com dificuldades na coesão/fraca pesquisa. Faz uma opção válida da técnica de Eng. Genética Defende corretamente a técnica escolhida	Explica, e ilustra corretamente, alguns dos fundamentos teóricos relativos ao tema em estudo. Evidencia alguma pesquisa, mas pouco variada. Faz uma opção válida da técnica de Eng. Genética Não defende corretamente a técnica escolhida	Explica e ilustra poucos ou de modo muito incompleto os fundamentos teóricos relativos ao tema em estudo. Evidencia fraca pesquisa. A opção da técnica de Eng. Genética não é válida, não sendo possível defender corretamente a técnica escolhida
Conclusão (20 pontos)	A Conclusão é objetiva e sucinta em relação às opções temáticas, revelando cunho pessoal.	A Conclusão é objetiva e sucinta em relação às opções temáticas.	A Conclusão não é objetiva e/ou sucinta em relação às opções temáticas.	A Conclusão é confusa e pouco objetiva em relação às opções temáticas.
Aspetto (5 pontos) Fundo do poster, disposição e organização do conteúdo	O fundo é muito adequado (tema e contraste), está muito bem organizado e disposto em colunas.	O fundo é adequado (tema e contraste), está bem organizado e disposto em colunas.	O fundo é pouco adequado (tema ou contraste), está pouco organizado ou não está disposto em colunas.	O fundo não é adequado (tema e contraste), está mal-organizado e não está disposto em colunas.
Fontes (5 pontos) Sites, bibliografia bem feita.	As Fontes estão corretamente descritas, sem imprecisões.	As Fontes estão todas, existindo alguma incorreção.	As Fontes estão todas, existindo muitas incorreções.	Faltam Fontes e existem muitas incorreções.
Regras (5 pontos) Logotipo do Agrupamento Numeração e legendas das figuras.	São cumpridas todas as regras	São cumpridas praticamente todas as regras	São cumpridas poucas regras	É apenas cumprida uma regra

Correção Linguística (5 pontos)	Sem erros ortográficos, correta utilização de termos científicos, texto bem construído	Com poucos ou sem erros ortográficos, falhas na utilização de termos científicos, texto bem construído	Com alguns erros ortográficos/falhas na utilização de termos científicos/texto mal construído	Com muitos erros ortográficos, incorreta utilização de termos científicos, texto mal construído
--	--	--	---	---

Rubrica de avaliação da apresentação/defesa do poster à turma

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	DESCRITORES DE DESEMPENHO				
	Nível 4	Nível 3	Nível 2	Nível 1	
Qualidade da comunicação oral (a apresentação à turma)	Informação científica (20 pontos)	Aborda todos tópicos inerentes ao tema a apresentar, de forma completa e devidamente ilustrada.	Aborda todos tópicos inerentes ao tema a apresentar, mas de forma incompleta e/ou sem ser devidamente ilustrada.	Não aborda todos tópicos inerentes ao tema a apresentar, os apresentados de forma completa, mas sem ser devidamente ilustrada.	Não aborda todos tópicos inerentes ao tema a apresentar, os apresentados de forma incompleta e sem ser devidamente ilustrada.
	Clareza e objetividade na linguagem (10 pontos)	Discurso fluente, sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de utilização correta de linguagem científica	Discurso razoavelmente bem articulado e sem incorreções linguísticas ou de pronúncia e de linguagem científica.	Lapsos gramaticais e dificuldades de pronúncia e de linguagem científica.	Dificuldade de discurso e incorreções linguísticas, de pronúncia e de linguagem científica.
	Estratégias de motivação (10 pontos)	Apresentação expressiva e eficaz na adaptação da atenção e do interesse da turma.	Apresentação com alguns percalços, mas eficaz na captação da atenção e do interesse da turma.	Apresentação com alguns percalços e nem sempre eficaz na captação da atenção e do interesse da turma.	Apresentação com percalços e ineficaz na captação da atenção ou do interesse da turma.
	Utilização da voz (5 pontos)	Discurso audível, articulando as palavras de forma correta, de forma pausada e clara.	Discurso audível durante a maior parte da apresentação, com inflexão e expressividade.	Discurso com grandes oscilações no volume de voz, mas sem expressividade.	Discurso inaudível, com voz monótona, sem inflexões e expressividade.
	Gestão do tempo (5 pontos)	Gestão correta do tempo disponível.	A apresentação fica aquém ou ultrapassa ligeiramente tempo disponível.	A apresentação fica aquém ou ultrapassa consideravelmente o tempo disponível.	Não respeita o tempo ou por excesso ou por defeito.

Apêndice F - Questionário final

Olá!

Gostaria de conhecer a tua opinião sobre a gamificação do conteúdo “Alterações do Material Genético – Mutações” em que participaste.

A tua contribuição é muito importante para compreender as potencialidades de gamificar conteúdos curriculares para alunos do 12.º ano de Biologia, assim como avaliar formas de tornar o ensino mais envolvente e motivador.

O questionário é anónimo e enquadra-se no trabalho de investigação que estou a realizar no âmbito do mestrado em Ensino de Biologia e Geologia do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Obrigado por partilhares as tuas opiniões!

Q1- Idade

Q2 - Género

Feminino

Masculino

Outro

Q3 – Já participaste em atividades gamificadas no ensino?

Sim

Não

Se respondeste sim, assinala:

Disciplina _____ Ano letivo _____

Disciplina _____ Ano letivo _____

Disciplina _____ Ano letivo _____

Q4 – Como avalia os seguintes tópicos relativamente à gamificação em que participou?

	1	2	3	4	5	6	NS / NR
	Discordo totalmente	Discordo	Discordo ligeiramente	Concordo ligeiramente	Concordo	Concordo totalmente	Não sei / Não respondo
As aulas em formato de jogo foram motivantes para a minha aprendizagem							
Os desafios propostos no âmbito da gamificação foram diversificados e desafiantes							
O formato de Trabalho de Grupo contribuiu para um maior envolvimento da minha parte							
A utilização de elementos associados aos jogos (como a definição de objetivos, missões ou pontuação) contribuiu para aumentar a minha participação							
Os conteúdos disponibilizados (guia; documentação; <i>links</i> ; <i>slide kits</i>) foram adequados e ajudaram-me a concretizar os objetivos propostos							
A gamificação facilitou a minha aprendizagem sobre alterações do material genético – mutações							
A gamificação reforçou a minha interação com os colegas							
A gamificação reforçou a minha autonomia							
A gamificação teve um impacto positivo na turma em termos de aprendizagem							

Q5 – Refere o que mais gostaste na gamificação dos conteúdos “Alterações do Material Genético – Mutações”.

Q6 - Indica como se poderia melhorar este módulo gamificado sobre “Alterações do Material Genético – Mutações”.

Q7 – Indica os mecanismos utilizados na gamificação que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas.

Obrigado pela tua participação!

Anexos

Anexo 1 – Questionário: Respostas qualitativas

Q5 - Refere o que mais gostaste na gamificação dos conteúdos "Alterações do Material Genético - Mutações"

Nove alunos destacaram **os jogos** como tendo sido um dos elementos que mais gostaram na intervenção. Dois deles referiram em particular o *kahoot* (realizado na primeira aula) como tendo tido um grande impacto pois “ganharam pontos”. Um dos alunos referiu concretamente que os jogos “puxaram pelo (seu) lado competitivo e levou a ter mais interesse pela matéria”. Outros destacaram que os “motivou a aprender” ou que “foram bons para uma melhor aprendizagem dos conteúdos”.

Seis alunos destacaram “**os trabalhos de grupo**”. Entre esses, um destacou que “tudo se tornou melhor com o trabalho em grupo” e outro valorizou “as interações com os colegas”.

Três alunos escolheram o **poster individual**. Um referiu especificamente que “o poster foi o meu favorito” e outro, embora não especificando diretamente a atividade, referiu que “gostei de aprender como a Humanidade consegue alterar o que nos faz humanos de forma benéfica”, que era precisamente um dos objetivos desse trabalho.

Dois alunos indicaram que “**foram as aulas práticas**” e “foi a parte prática do que realizámos em sala” o que mais gostaram, sem especificarem ao que se estavam a referir. As **diferentes atividades** foram também destacadas, pois “tornaram as aulas muito mais interessantes”, com “diversos e desafiantes trabalhos”. E outro aluno destacou que as aulas permitiram “aprender de uma forma menos "chata"”. Houve ainda um aluno que referiu que o que mais gostou foi “as **participações dos alunos**”.

Dois alunos disseram que o que mais gostaram foi “o facto de **não ter testes escritos**” e “não fazer teste”.

Outro aluno destacou que o que mais gostou foi ter “**mais autonomia**”, tendo destacado as igualmente as **apresentações** já que “(...) em parte, os trabalhos que tínhamos pareciam-nos, pelo menos a mim, uma simulação do mercado de trabalho onde, no final, tínhamos de mostrar os resultados”. Esse aluno referiu também que valorizou “uma **pressão simpática**; onde os professores ajudavam-nos”, sendo acompanhado por outro aluno que destacou “a pressão amigável que se criou”. O aluno que referiu que o

“poster foi o meu favorito” realçou igualmente que “as apresentações sobre as aulas nos "obrigaram" a estudar e entender a matéria e beneficiou-nos muito”.

Foi também destacado pela positiva “a **discussão** que tivemos sobre o tema, o que, na minha opinião, torna-se algo mais autónomo para os alunos”.

Outro aluno referiu que “gostei de realizar o **artigo científico**” e “a preparação do *powerpoint* sobre as legislações sobre os agentes cancerígenos”, numa referência à **missão** que os grupos tiveram de concretizar.

Um dos alunos referiu-se especificamente a um dos **temas abordados nas aulas**, destacando que “dos conteúdos do tema "Alterações do material genético", o que eu mais gostei foi sobre as mutações e os vírus causadores de cancro, pois passei a entender mais sobre como a engenharia genética procura melhorar a nossa vida”.

Houve ainda um aluno que destacou “os *powerpoints* do professor e a **forma inovadora de explicar**” e outro “gostei da forma como os conteúdos foram apresentados”.

Finalmente, um dos alunos referiu que o que mais gostou foi “tudo, **uma atividade diferente a cada aula** reforçando a aprendizagem. Só tenho pena que o resto das aulas que tenho não sejam assim, mesmo em outras disciplinas”.

Q6 - Indica como se poderia melhorar este módulo gamificado sobre "Alterações do Material Genético - Mutações"

Para identificar as áreas que poderão ser otimizadas em futuras implementações deste módulo, foi solicitada a opinião dos alunos através de uma questão aberta, dando total liberdade para que pudessem expor as suas opiniões.

Enquanto área de melhoria para esta intervenção, onze alunos referiram que deveriam existir **menos trabalhos**. Deste total, cinco indicaram apenas “menos trabalhos” (quatro alunos) e “talvez menos trabalhos (um aluno)”. Os restantes seis foram mais específicos, realçando que “acho que a carga de trabalhos era um pouco grande, ainda por cima em grupo, que na minha opinião é mais difícil, pois é preciso a colaboração de todos e a disponibilidade. Não estou a dizer que o formato em grupo é mau, mas sim a carga de trabalho”; outro aluno referiu que “tivemos muitas atividades em pouco tempo, o que é perfeitamente compreensível porque o professor queria explorar a sua ideia. No entanto, se aplicasse este projeto desde o início do ano, teria corrido melhor porque dava para conciliar com as outras disciplinas, mas eu tentava estabelecer prazos mais realistas”; e que “porem são muito trabalhos e não temos tempo para fazer todos (pois ainda temos

outras matérias além da Biologia)”; outro aluno destacou que “poderia não se atribuir tantos trabalhos que tenham de ser realizados fora da escola”; e “fazermos menos trabalhos, que depois eram para ser feitos em casa, e fazer o trabalho na aula, gerando assim um dinamismo entre os colegas do grupo e entre os grupos, existindo um apoio entre todos.”. Sobre este tópico, foi ainda referido que “para melhorar, acho que os trabalhos foram muitos, visto estarmos no fim do ano e todas as disciplinas começam a "apertar", de resto penso que não tenho nada a acrescentar.”

Ainda relacionado com o tópico gestão de atividades, um aluno propôs “**dar mais tempo em aula para preparar os trabalhos**” e que “no geral, o tempo foi uma condicionante para o "bom funcionamento" do projeto porque nem todos os alunos fizeram apresentações”*. Outros alunos referiram que “o que se poderia melhorar é o facto de nos trabalhos em que se tinha de fazer pwp (*powerpoint*) e apresentá-lo, devia de haver mais tempo, para haver mais tempo de pesquisa para que assim houvesse uma maior absorção dos conteúdos. Outro aspeto a melhorar é as datas de entrega dos trabalhos, deviam de ser faladas com todos para serem encaixadas no horário dos alunos, tendo em conta os outros testes das outras disciplinas”.

Outra sugestão foi “penso que se deve substituir uma das apresentações feitas por **jogos, de modo a motivar mais**. Por exemplo, um bingo ou um quiz”. No mesmo sentido, um aluno referiu que “o módulo gamificado é de bom interesse e com bons propósitos, sendo que todas as tarefas foram, para mim, encaradas de bom gosto. Considero, contudo, que em vez das apresentações resumo realizadas pelas equipas, fizéssemos jogos interativos recapitulando as matérias dadas nas aulas passadas, dando-nos mais motivação para ir recapitulando as matérias e, assim, realizarmos uma aprendizagem mais continuada”.

Dois alunos propuseram que “para melhorar este módulo, poderíamos ter **mais vídeos** a demonstrar os conteúdos” e “talvez mais vídeos no final da aula demonstrando a matéria de outra forma”.

Sobre o **trabalho de grupo**, um aluno referiu que “a gamificação pode ser **injusta** pois o esforço do grupo ou a falta dele pode prejudicar um colega específico e ajudar quem não fez nada”.

Para melhorar, acredito que as apresentações sobre o resumo da matéria não deveriam ser logo a seguir, para não interferir em assuntos que os alunos tenham de fazer de importante**.

Houve ainda sugestões de que haver “uma **avaliação individual e de grupo** seria benéfica” ***; de se realizarem “**mais debates**” e de haver “**maior diversidade** para cada grupo ter um tema”.

Em termos de área de melhoria, diferentes alunos referiram ainda que não há “**nada a apontar**”; que “foi incrível, que continue neste formato o módulo gamificado sobre "alterações do material genético - mutações"; “Não tenho nada a apontar, contudo devo dizer que foi um método muito produtivo e interessante; “eu acho que este módulo foi bom, criou aulas mais dinâmicas e interativas e chamou de certa forma mais interesse nos alunos” e que “a forma geral da gamificação dos conteúdos está boa”. Ainda como área de melhoria, um dos alunos referiu que este módulo gamificado sobre "Alterações do Material Genético - Mutações" deveria ser “aplicá-lo a mais turmas e escolas”.

Notas

* Todos os grupos realizaram as apresentações previstas. E todos, com exceção de um aluno, fizeram o poster individual sobre “as mutações e a engenharia genética”.

**Todos os grupos tiveram pelo menos uma semana para preparar as *Take Home Messages* de uma das aulas anteriores.

***Essa avaliação individual e de equipa foi realizada

Q7 - Indica os mecanismos utilizados na gamificação que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas.

No que respeita aos mecanismos que mais contribuíram para as aprendizagens realizadas, dez alunos destacaram “**os jogos**” e “os jogos que se fizeram em sala”. Deste número, seis referiram-se especificamente ao *kahoot* “pois incentiva a competitividade saudável” e” são métodos inovadores que impulsionaram o ensino”.

Dez alunos referiram “o poster”, “**o poster individual**” ou “os posters”, pois “o trabalho de pesquisa que envolve leva a que o aluno pesquise sobre o tema e sobre a matéria em questão e que contribua para as aprendizagens”; “a realização do poster individual forçou-nos a pesquisar sobre várias doenças” e “o poster sobre engenharia genética, para ganhar autonomia”.

Dez alunos destacaram também que “o que mais contribuiu foram as **apresentações**, quer individuais e de grupo” e “os trabalhos de pesquisa e apresentação”. Neste grupo, alguns alunos referiram “o poster de grupo” e “a atividade que tivemos de

organizar/colar e apresentar um cartaz sobre as mutações, ajudou-me a compreender melhor essa parte da matéria”. Um referiu especificamente que “a **parte prática em grupo nas aulas** foi o que mais contribuiu para as aprendizagens realizadas, já que o trabalho prático em grupos faz com que os elementos trabalhem todos”. Outros referiram simplesmente “as atividades práticas”; “as apresentações em conjunto” ou “de grupo”, realçando que “as apresentações constantes contribuíram para fixar e estudar os conteúdos apresentados em sala”. No mesmo sentido, um aluno destacou que “as apresentações de todos os temas abordados tornaram a consolidação de conhecimento muito mais fácil, para além de engraçado e interativo” e outros que os mecanismos que mais contribuíram foram as “**apresentações realizadas pelos colegas**: conseguimos observar e aprender sobre vários casos e problemas” e a “**participação interativa** com os colegas”. Um dos alunos referiu-se especificamente ao desafio da missão atribuída a cada grupo, referindo que o mecanismo que mais contribuiu para as aprendizagens realizadas foi “a realização do pwp (*powerpoint*) sobre a legislação europeia”

Relacionado diretamente com a gamificação, dois alunos referiram “O **esquema de pontos**; e que “a **motivação de ganhar** fez-me aprender”. Houve também destaque para “a visualização de vídeos”, e para “vídeos (e) artigos científicos”, assim como os “slides que foram apresentados”

Finalmente, um aluno realçou que a **participação de especialistas** “foi algo incrível e que jamais esquecerei em condições normais. O facto de nós (*palavra não legível*) a nossa aprendizagem com as ferramentas certas é o futuro do ensino e foi algo bem feito, porque chego ao final disto tudo e sinto que sei”.