

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO DO DESCONTROLE DO CICLO CELULAR**TEACHING BY RESEARCH IN CELL CYCLE DISCONTROL****ENSEÑANZA MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN EN EL DESCONTROL DEL CICLO CELULAR****Luiz Gonzaga Silva Lucena**

Lgsl1979.1@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6569-8337>

Universidade Estadual do Piauí

Francisca Carla Silva de Oliveira

carlaoliveira@ufpi.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-5335-502X>

Universidade Federal do Piauí e Centro de Ciências da Educação

Wellington dos Santos Alves

wellingtonsantos@ccs.uespi.br

<http://orcid.org/0000-0003-1114-773X>

Universidade Estadual do Piauí

Francielle Aline Martins

francielle@ccn.uespi.br

<http://orcid.org/0000-0002-0113-8023>

Universidade Estadual do Piauí

Pedro Marcos de Almeida

pedromarcos@ccs.uespi.br

<https://orcid.org/0000-0001-5431-6818>

Universidade Estadual do Piauí

RESUMO

O ensino por investigação busca maior participação dos alunos, utilizando conhecimentos prévios e argumentos sobre conteúdos, relacionando a teoria ao cotidiano. O objetivo desse estudo foi desenvolver e aplicar uma sequência de ensino investigativa (SEI), relacionando alterações no ciclo celular e câncer, a estudantes do Ensino Médio. A SEI foi distribuída em quatro momentos (8 aulas): inicialmente os alunos associaram imagens e vídeos às campanhas de prevenção e responderam questões sobre câncer/ciclo celular; analisaram textos sobre os tipos de câncer; realizaram o cálculo do índice mitótico (IM) e criaram uma página no *Instagram*, com informações, imagens e vídeos da SEI. A pesquisa foi qualitativa e a coleta de dados foi realizada de forma individual e/ou coletiva com questões, atividades, tabelas e debates. Nos resultados, foi observado que os alunos mostraram conhecimento geral sobre o tema com dificuldades em responder a questões específicas. Atividades prévias de pesquisas e construção lúdica do ciclo celular propiciaram um aprimoramento na compreensão dos estudantes sobre o conteúdo do ciclo celular/câncer. Além disso, o preenchimento de tabelas com características gerais sobre o câncer, genes supressores de tumor (GST), oncogenes, análise do IM e socialização dos dados promoveram maior aprendizado e protagonismo dos alunos, que foram observados com a participação, engajamento e produção de informações durante as atividades. De forma geral, observou-se posicionamento conceitual, atitudinal e procedimental, com elaboração de hipóteses para responder a problematização, discussão de questões individuais e em grupo, pesquisas em momentos assíncronos e estruturação de ideias através de desenhos e exposição oral. A SEI facilitou a compreensão entre alterações no ciclo mitótico e câncer e despertou o maior interesse em relação ao tema.

PALAVRAS-CHAVE: genes supressores tumorais; oncogênese; sequência de ensino investigativo.**SUMMARY**

Inquiry-based learning seeks greater student participation by leveraging prior knowledge and arguments about content, relating theory to everyday life. The objective of this study was to develop and implement an inquiry-based learning sequence (IST) relating changes in the cell cycle and cancer to high school students. The IST was distributed across four phases (eight lessons): initially, students associated images and videos with prevention campaigns and answered questions about cancer/cell cycle; analyzed texts about cancer types; calculated the mitotic index (MI); and created an *Instagram* page with IST information, images, and videos. The research was qualitative, and data collection was conducted individually and/or collectively through questions, activities, tables, and discussions. The results showed that students demonstrated general knowledge of the topic but struggled to answer specific questions. Previous activities research and playful construction of the cell cycle provided an improvement in students' understanding on the cell cycle/cancer content. Furthermore, completing tables with general characteristics of cancer, tumor suppressor genes (TSGs), oncogenes, MI analysis, and data sharing promoted greater learning and student engagement, which were observed through participation, engagement, and information production during the activities. Overall, conceptual, attitudinal, and procedural positioning were observed, with the development of hypotheses to respond to problematization, discussion of individual and group

questions, asynchronous research, and structuring of ideas through drawings and oral presentations. The SEI facilitated understanding of alterations in the mitotic cycle and cancer and sparked greater interest in the topic.

KEYWORDS: tumor suppressor genes; oncogenesis; investigative teaching sequence.

RESUMEN

El aprendizaje basado en la indagación busca una mayor participación estudiantil aprovechando los conocimientos previos y los argumentos sobre el contenido, relacionando la teoría con la vida cotidiana. El objetivo de este estudio fue desarrollar e implementar una secuencia de aprendizaje basado en la indagación (IST) para estudiantes de secundaria que relacionara los cambios en el ciclo celular y el cáncer. La IST se distribuyó en cuatro fases (ocho lecciones): inicialmente, los estudiantes asociaron imágenes y videos con campañas de prevención y respondieron preguntas sobre el cáncer y el ciclo celular; analizaron textos sobre los tipos de cáncer; calcularon el índice mitótico (IM); y crearon una página de *Instagram* con información, imágenes y videos de la IST. La investigación fue cualitativa y la recopilación de datos se realizó de forma individual o colectiva mediante preguntas, actividades, tablas y debates. Los resultados mostraron que los estudiantes demostraron un conocimiento general del tema, pero tuvieron dificultades para responder preguntas específicas. Actividades previas. La investigación y la construcción lúdica del ciclo celular proporcionaron una mejora en la comprensión de los estudiantes sobre el contenido de ciclo celular/cáncer. Además, completar tablas con características generales de cáncer, genes supresores de tumores (GST), oncogenes, análisis de MI y compartir datos promovió un mayor aprendizaje y participación estudiantil, lo cual se observó a través de la participación, involucramiento y producción de información durante las actividades. En general, se observó un posicionamiento conceptual, actitudinal y procedimental, con el desarrollo de hipótesis para responder a la problematización, discusión de preguntas individuales y grupales, investigación asincrónica y estructuración de ideas a través de dibujos y presentaciones orales. El SEI facilitó la comprensión de las alteraciones en el ciclo mitótico y el cáncer y despertó un mayor interés en el tema.

PALABRAS CLAVE: genes supresores de tumores; oncogénesis; secuencia de enseñanza investigativa.

INTRODUÇÃO

O ensino de ciências e biologia permite que os estudantes compreendam o mundo à sua volta, promovendo o crescimento como cidadãos críticos, melhorando a qualidade de vida e o desenvolvimento de uma sociedade sustentável (Silva; Ferreira; Vieira, 2017). Por outro lado, a forma tradicional de ensinar biologia tem sido desgastante e desestimulante, tanto para professores quanto para alunos (Elias; Rico, 2020). Os conhecimentos precisam ser integrados à formação pessoal e profissional do cidadão (Pinheiro; Santos, 2019), permitindo a maior participação dos alunos para conectar o mundo científico com o seu cotidiano (Temp; Bartholomei-Santos, 2018).

A utilização de temas do cotidiano é uma forma de estimular o engajamento. Dentre esses pode-se citar o câncer, que é uma doença amplamente divulgada pela mídia e presente em muitas famílias, e que gera dúvidas e curiosidades nos alunos. Entender os mecanismos que desencadeiam a doença, conhecer os genes relacionados com o controle celular e as técnicas para detecção e tratamento estimulam a curiosidade e promovem uma reflexão sobre o tema, além de permitir abordar conteúdos de biologia (Azevedo; Pietricoski; Justina, 2021). Há diversos mecanismos que estão envolvidos na mudança de uma célula normal para uma potencialmente maligna, os quais interferem na regulação e progressão da divisão celular. Assim, o conhecimento do ciclo celular exige a compreensão da composição e a função de cada estrutura durante todas as fases do ciclo (G1, S, G2 e M) para o entendimento da etiologia do câncer (Griffiths, 2016). Ressalta-se que comumente os estudantes apresentam dificuldades em relacionar as estruturas celulares às suas respectivas funções em cada fase do ciclo e não compreendem a importância deste evento, o que dificulta a associação das alterações do ciclo celular com o câncer (Lima et al., 2020).

O câncer é a terceira doença que mais mata no Planeta, com aproximadamente 200 tipos, podendo ser desencadeada por fatores hereditários e/ou ambientais. O câncer é resultante de modificações nos proto-oncogenes e/ou genes supressores de tumor (GST), que provocam a multiplicação descontrolada das células que não respondem aos sinais fisiológicos de controle (INCA, 2020). De acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA), a projeção de casos novos no âmbito nacional no período de 2020-2022 foi de 625 mil ou 450 mil, sem considerar os casos de câncer de pele não melanoma (INCA, 2020). No Brasil, estima-se que até 2029, aproximadamente 600 mil novos casos surjam, sendo o câncer de próstata (31,7%), pulmão (8,7%), intestino (8,1%),

estômago (6,3%) os mais frequentes em homens e em mulheres, mama (29,5%), intestino (9%), colo de útero (8,1%) e pulmão (6,2%) (INCA, 2022). Esses percentuais e tipos variam entre as regiões, com a maior quantidade de casos de câncer de mama no Nordeste, enquanto no Norte, o de colo de útero supera até mesmo a média mundial (Renal, 2018).

Mesmo sendo uma doença amplamente estudada pela comunidade científica, o conteúdo sobre câncer nos livros didáticos do Ensino Médio geralmente não é abordado ou é colocado apenas como anexo. Assim, estimular a discussão sobre essa temática enriquece a compreensão e conscientização dos alunos, bem como entender os mecanismos celulares envolvidos e suas implicações na saúde pública (Badzinski; Hermel, 2015; Sousa, 2022). Souza et al. (2022) destacaram a carência de recursos pedagógicos que aproximem o conhecimento científico relacionado à discussão do câncer ao cotidiano escolar, sendo necessário propor metodologias que facilitem essa compreensão. Pace et al. (2024) destacaram o fato de aproximadamente 80% dos cânceres estarem relacionados com fatores ambientais, como o tabagismo, exposição ao sol, alimentos e agentes químicos, que fazem parte do dia a dia dos alunos, o que reforça a necessidade de debater o assunto no ambiente escolar. Daí a importância de se conhecer não só o conceito e os fatores que desencadeiam o câncer, mas o processo no seu desenvolvimento também é fundamental para a aprendizagem (Kapp; Zanini; Schetinger, 2010). Além disso, é importante verificar as diferentes formas de prevenção, como a prática de exercícios físicos regulares, alimentação saudável, diminuição do consumo de carne vermelha e do álcool (Oncoguia, 2022).

Sendo assim, o Ensino por Investigação (EI) pode ser utilizado no aprendizado sobre câncer, valorizando a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento, auxiliando no desenvolvimento de habilidades importantes para a vida pessoal e profissional (Scarpa, 2017). O EI é uma abordagem importante na resolução de problemas vivenciados pelos estudantes a partir da análise, interpretação e formulação de hipóteses (Scarpa; Campos, 2018). O ensino a partir da problematização é bem aceito, tanto por professores como os estudantes, pois proporciona uma gama de possibilidades de aprendizagem. Na busca por solucionar problemas, o estudante necessita interpretar, refletir sobre as alternativas e os caminhos a tomar, propor soluções, testá-las, reorganizar propostas e metas, concluir os entendimentos e argumentá-los (Santos et al., 2017). Além disso, o EI está em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que menciona a necessidade de um ensino contextualizado, aproximado da vivência do estudante, além de estimular a criticidade e o desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas no cotidiano (Brasil, 2018). Dentro dessa perspectiva, aprender ciências de modo investigativo tornou-se uma realidade e necessidade frente às demandas de conhecimento e de uma sociedade com diversos problemas (Sasseron, 2019). Assim, ao terem contato com Alfabetização Científica, os estudantes podem encontrar mais motivações para os temas relacionados à ciência e elaborar raciocínios baseados em evidências para sustentar suas tomadas de decisões nos assuntos em que estão imersos no seu cotidiano (Scarpa; Campos, 2018).

Segundo Carvalho (2018), as aulas do EI podem ser organizadas a partir de um tema ou conteúdo programático, seguindo etapas que integram uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). Essa proposta didática é realizada com o uso de diferentes atividades investigativas que possui componentes importantes como a problematização, sistematização, contextualização do conhecimento e avaliação para sua compreensão e aplicação correta. Portanto, os estudantes podem resolver situações problemas, melhorar a compreensão quanto ao conteúdo de forma prática e lúdica, bem como despertar o maior interesse sobre os temas estudados (Santos et al., 2022). Como o câncer é amplamente divulgado pela mídia e presente em muitas famílias, e que gera dúvidas e curiosidades nos alunos, o presente estudo teve como objetivo desenvolver, descrever e aplicar uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) sobre genes e o descontrole do ciclo celular na formação do câncer, de forma contextualizada com o cotidiano dos alunos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi de natureza qualitativa e explicativa (Gil, 2010). O público-alvo foi uma turma com 30 alunos matriculados na 3ª série do Ensino Médio regular de uma escola estadual da Zona Norte de Teresina (PI). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Piauí (CEP/UESPI), sob o parecer nº 5.750.145. A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) foi desenvolvida em quatro momentos, durante oito aulas (1h cada), da seguinte forma: 1º) Sondagem; 2º) Ciclo celular e câncer; 3º) Genes e câncer e 4º) Conclusão e socialização (Quadro 1).

Quadro 1: Quadro síntese das etapas da SEI

Momento	Objetivo	Estratégia
1º Sondagem (1h)	Realizar levantamento prévio dos conhecimentos e questionamento sobre câncer.	Análise de imagens de monumentos do outubro rosa e novembro azul; assistir o vídeo e resolução de questões.
2. Ciclo celular e câncer (2h)	Analisar uma situação fictícia sobre como alterações no ciclo celular e/ou no DNA podem levar a formação do câncer.	Analisar a situação-problema e relacionar com o cotidiano; relembrar as etapas do ciclo mitótico; construir modelo do ciclo celular e suas alterações de forma lúdica; resolução de questões.
3. Genes e câncer (4h)	Identificar como oncogenes e GST estão relacionados com o câncer, bem como analisar a situação problematizadora.	Preencher e discutir sobre os tipos de cânceres mais comuns; levantar hipóteses, coleta e análise de dados e conclusão; responder questões.
4. Conclusão e socialização (1h)	Analisar a SEI, hipóteses e resultados para responder a problematização, bem como construir uma página do <i>Instagram</i> .	Conclusão da problemática; construção de uma página do <i>Instagram</i> ; criar um <i>QR Code</i> do material e disponibilizar para os estudantes.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os alunos foram divididos em seis grupos (G1, G2, G3, G4, G5 e G6), dependendo da quantidade de participantes. Nas falas transcritas, foi utilizado siglas A1, A2 e An para alunos e P para professor. No 1º Momento (sondagem) (1h): o professor apresentou fotos para fazer referência ao outubro rosa e ao novembro azul (Figura 1), com a seguinte pergunta: Por que os monumentos estão com cores rosa e azul? É alguma campanha de sensibilização? Qual? Por que é importante esse tipo de campanha? Com objetivo de verificar se os grupos relacionam com as campanhas de câncer de mama e próstata, respectivamente. Em seguida, o vídeo (Vencer o câncer é mais fácil quando se está cercado de amor) com duração de 2min. 49s.¹, foi apresentado para envolver os alunos na temática.



Figura 1: Monumento representando campanhas de sensibilização ao câncer
Fonte: G1 (2021) e Teia Design (2015).

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=naXplhurrCU>.

Para verificar outros conhecimentos prévios, o professor utilizou seis questões norteadoras (Quadro 2), que foram respondidas em grupos e discutidas de forma oral. Depois, o professor estimulou os alunos a realizarem uma pesquisa em casa com livros e sites de busca sobre como fatores externos estão relacionados com o câncer e os principais pontos do ciclo celular.

Quadro 2: Questões norteadoras sobre câncer e ciclo celular

1. O que se entende por câncer e quais os fatores que podem desencadear a doença?	4. O câncer é um tipo de mutação? Quais fatores poderiam provocar essas mutações?
2. Câncer é uma doença hereditária ou esporádica? Qual a diferença?	5. Qual a relação do câncer com o ciclo celular?
3. O câncer é uma doença contagiosa? Pode ser curada?	6. Vocês já ouviram falar em oncogenes e genes supressores de tumor? Se sim, explique qual a relação com o câncer.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2º Momento (ciclo celular e câncer) (2h): o professor estimulou os alunos a realizarem uma pesquisa em casa, através de livros e/ou sites de busca sobre como os fatores externos estão relacionados com o câncer e principais pontos do ciclo celular. Depois, a turma foi organizada em seis grupos (6 alunos) para analisar a situação-problema fictícia (Quadro 3, Figura 2) e investigar "*Como alterações no ciclo celular podem provocar câncer*"? Neste momento, o professor estimulou os alunos a levantarem hipóteses e propor algo para solucionar o problema, oferecendo materiais como massa de modelar, pinças e cartolinas para montar um ciclo celular normal e com alterações que poderiam resultar na formação tumoral, e depois fotografar o material.

Quadro 3: Situação-problema fictícia sobre câncer

Oi, meu nome é Maria R. J. Silva, tenho 32 anos de idade, sou casada e mãe de 3 filhos. Em uma das minhas viagens de férias, comecei a sentir na minha mama esquerda dor e percebi que ela estava mais quente que o normal. Ao chegar de minha viagem, fui ao médico, relatei o caso e como de praxe, ele pediu para fazer uma mamografia. Ao sair o resultado, o chão se abriu com o diagnóstico: 2 nódulos de carcinoma grau 1. Nunca na minha vida pensei que câncer tinha nome e sobrenome. Sou a prova viva que o câncer não escolhe idade, sexo, raça ou mesmo classe social. Depois de uma investigação sobre minha herança familiar, entendi que era herdeira de uma mutação genética no gene BRCA1, um tipo de gene específico com mais de 80% de chance de desenvolver câncer em quem o possui. Dentre os vários tratamentos na qual fui submetida, a quimioterapia foi a que apresentou os melhores resultados. A quimioterapia utiliza medicamentos que matam as células tumorais com sua toxicidade. Maria ficou preocupada com a sua situação e passou a pesquisar sobre o câncer e na sua consulta de retorno, questionou o médico: *Como as alterações no ciclo celular podem provocar câncer*? Para auxiliar Maria, o médico mostrou a figura abaixo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao fim da atividade, para verificar a compreensão da resolução da problemática e a capacidade argumentativa dos estudantes, os grupos dialogaram sobre as seguintes questões propostas pelo professor: 1) Como o ser vivo é formado de células, podemos afirmar que as células têm potencial para formar câncer? Explique; 2) O que diferencia uma célula normal de uma cancerosa?; 3) Quais modificações podem acontecer no DNA ou no cromossomo para desencadear o câncer?, e 4) Qualquer pessoa pode desenvolver câncer? Explique. Em seguida, individualmente, os alunos responderam de forma escrita novamente à questão problematizadora, bem como realizaram a conclusão desse momento, verificando as hipóteses levantadas e resultados obtidos para responder ao problema inicial.

No 3º Momento (genes e câncer) (4h): cada grupo trabalhou com um dos textos motivadores (Quadro 4) disponibilizados pelo professor sobre os tipos de câncer mais comuns (mama, próstata, intestino, retinoblastoma, pulmão e colo de útero) em pessoas famosas.

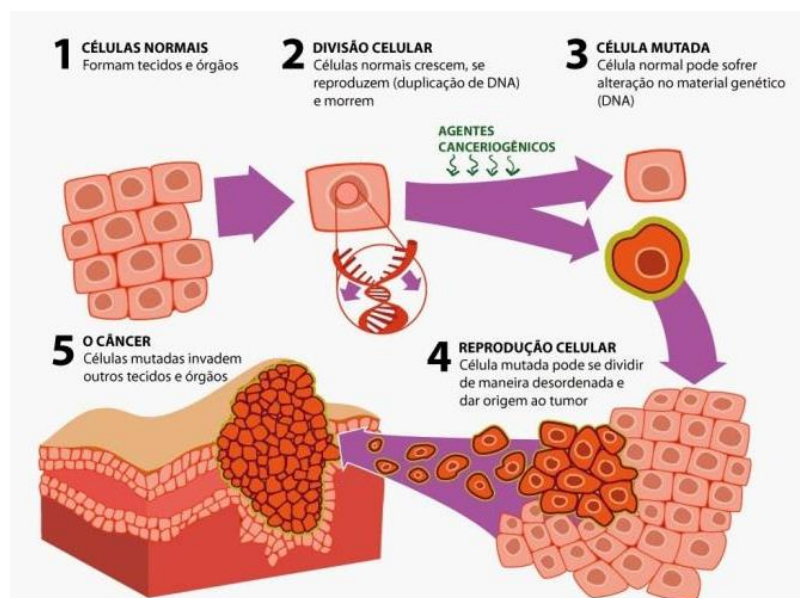


Figura 2: Alterações no ciclo celular podem resultar em câncer
Fonte: Hospital Hélio Angotti (2018).

Quadro 4: Tipos de câncer mais comuns em famosos

Caso 1 – Angelina Jolie
Em 2013, com 37 anos, a atriz Angelina Jolie, declarou publicamente ter um defeito no gene chamado <i>BRCA1</i>. Sua mãe, tia e avó também possuíam o mesmo gene defeituoso e todas faleceram com o mesmo tipo de câncer. Os médicos disseram que atriz tinha cerca de 87% de chance de desenvolver um câncer de mama e 50% de chance de desenvolver um câncer no ovário. Os genes <i>BRCA1</i> e <i>BRCA2</i> participam de importantes processos de reparo do DNA e regulação do ciclo celular, de modo que evitam que células com muitas lesões no DNA se multipliquem e gerem um tumor. Desse modo, quando esses genes perdem sua função, eles não param o ciclo celular e não estimulam o sistema de reparo e a morte celular, provocando o desenvolvimento do tumor. O <i>BRCA1</i> localiza-se no cromossomo 17 e codifica uma proteína com 1.863 aminoácidos, enquanto o <i>BRCA2</i> está situado no cromossomo 13 e codifica uma proteína com 3.428 aminoácidos. O tumor pode se desenvolver quando um dos dois genes perdem a função em seus dois alelos. Existem vários fatores de risco que influenciam o desenvolvimento do câncer de mama, como sedentarismo, idade, hormônios e histórico familiar. Angelina Jolie optou pela mastectomia profilática bilateral, em que é retirada toda a glândula mamária, mas poupada a pele e mamilo e colocada prótese. Esta intervenção cirúrgica diminui em até 90% o risco de desenvolvimento de câncer de mama. https://g1.globo.com/pop-arte/cinema/noticia/2013/05/com-receio-de-cancer-angelina-jolie-retira-os-seios.html; http://www.oncoguia.org.br/conteudo/brca1-e-brca2/13920/1227/
Caso 2 – Chadwick Boseman (“pantera negra”)
Em agosto de 2020, morreu o ator que interpretava o “pantera negra”. Com apenas 39 anos de idade, há anos lutava contra um câncer no cólon (intestino grosso), apesar da doença ser mais comum em pessoas com mais de 60 anos. Com os genes <i>APC</i> e <i>p53</i> (genes supressores tumorais) mutados ocorre o desenvolvimento de pólipos (lesões benignas), que podem crescer na parede interna do órgão ou ser mais agressivos. Fatores que podem potencializar o desenvolvimento da doença estão o consumo frequente de carne vermelha e alimentos ultra processados, além da obesidade. Sua incidência também está ligada a fatores hereditários. Como o intestino é um órgão longo, se os tumores aparecerem próximo do ânus, sintomas como constipação e dor abdominal são frequentes, mas se os tumores estão localizados mais distantes, os sintomas mais comuns são fraqueza, perda de peso e anemia. O exame mais utilizado para diagnosticar a doença é a colonoscopia, que detecta a presença de pólipos, sendo necessário realizar a retirada antes que se tornem malignos. O câncer de cólon é o quarto mais incidente no Brasil, ficando atrás apenas de mama, pele e próstata. https://noticias.r7.com/saude/entenda-o-cancer-de-colon-que-matou-o-astro-de-pantera-negra-01092020; http://www.oncoguia.org.br/conteudo/sobre-o-cancer/439/185/

Caso 3 – Marília Pêra

Marília Pêra, uma das atrizes mais elogiadas de sua época, foi diagnosticada com câncer de pulmão em fevereiro de 2015 com 72 anos de idade. De acordo com informações divulgadas na época, a atriz iniciou um tratamento de quimioterapia para combater a doença, que se espalhou para outras partes do corpo, como o cérebro e a medula óssea. Infelizmente, apesar do tratamento, a doença acabou evoluindo e Marília Pêra faleceu em dezembro de 2015. O câncer de pulmão é uma doença que se desenvolve nas células do pulmão, geralmente associada ao tabagismo, mas que também pode ocorrer em não-fumantes. Os sintomas podem incluir tosse persistente, falta de ar, dor no peito, perda de peso e fadiga. O tratamento do câncer de pulmão pode incluir cirurgia, radioterapia, quimioterapia e imunoterapia, dependendo do estágio da doença e de outros fatores. Dentre os vários genes relacionados com o câncer de pulmão, destaca-se o *p53* localizado no cromossomo 17 e que possui um papel importante na regulação do ciclo celular, de modo a provocar morte celular em células com muitas alterações no DNA.

<https://noticiasdatv.uol.com.br/noticia/celebridades/atriz-consagrada-ficou-em-choque-com-doenca-terminal-seis-meses-de-vida-100149>; Silva; Wilson (2019).

Caso 4 – Gandalf (o cinzento)

O ator Ian McKellen, conhecido por interpretar o mago Gandalf nas franquias "O Senhor dos Anéis" e "O Hobbit", conviveu com o câncer de próstata por mais de seis anos. O inglês percebeu que algo estava errado porque ia com muita frequência ao banheiro durante a noite. Homens a partir dos 40 anos, uma vez por ano, se submetem ao PSA (Antígeno Prostático Específico), ultrassom ou mesmo ao exame de toque.

Estes são indispensáveis para se reconhecer a presença de um possível câncer de próstata. Dentre os sintomas mais comuns estão ardor ao urinar, micção excessiva à noite, jato urinário fraco, dentre outros.

Entre os fatores de risco, pode-se destacar a idade avançada, histórico familiar e alterações nos genes BRCA1 (encontra-se no braço longo do cromossomo 17 e codifica uma proteína de 1.863 aminoácidos) e BRCA2 (cromossomo 13 e codifica uma proteína com 3.418 aminoácidos). Apesar de ser assintomático na fase inicial, este tipo de câncer é muito perigoso, pois as células crescem de maneira descontrolada e começam a invadir outras regiões da glândula. Em casos mais avançados, as células cancerosas da próstata podem "viajar" pelo corpo e se instalar em outros órgãos, formando novos tumores conhecidos como metástases.

<https://glo.bo/Uzorjy>; Borges et al. (2021)

Caso 5 – Retinoblastoma

Thiago Leifert e Daiana Garbin contaram em suas redes sociais que a filha Lua, de 1 ano, segue em tratamento do retinoblastoma, um câncer raro que acontece nas células da retina, e seu estado é estável.

Lua está em tratamento há sete meses, fez algumas sessões de quimioterapia e uma cirurgia. O retinoblastoma é um câncer nos olhos que é mais presente na infância. Trata-se de um tumor raro e com 100% de cura se diagnosticado precocemente. A proteína RB, codificada pelo gene *RB1* desempenha papel importante no controle do ciclo celular, atuando como supressor tumoral além de estabilizar a cromatina.

Dentre os vários sintomas, podemos destacar: problemas de visão, dor nos olhos, sangramento na parte anterior do olho e cor diferente de cada íris. Vários exames confirmam ou descartam o diagnóstico de retinoblastoma, começando pelo exame de fundo de olho, que é feito pelo oftalmologista, a ultrassonografia do globo ocular e ressonância magnética das órbitas oculares.

<https://g1.globo.com/pop-arte/noticia/2022/05/07/tiago-leifert-e-daiana-garbin-dizem-que-estado-de-saude-da-filha-e-estavel-lua-foi-diagnosticada-com-retinoblastoma.ghtml>; <https://www.oncoguia.org.br/conteudo/causas-do-retinoblastoma/4357/1112/>

Caso 6 – Françoise Forton

A atriz Françoise Forton, que participou de diversos trabalhos na emissora Globo, como em novelas como "Tietê", "Por Amor" e "O Clone" faleceu aos 64 anos, vítima de câncer de colo do útero em São Vicente (RJ). Entre as causas do surgimento dessa doença, além da herança genética, destaca-se a infecção pelo Papilomavírus Humano - HPV. Por ser uma DST e causar verrugas, o HPV é responsável por mais de 90% dos casos de câncer anal, colo do útero, genitais e garganta. A contaminação é primordialmente pelo sexo, mas apenas o contato com a pele infectada já é capaz de transmitir o vírus. Com aproximadamente 150 tipos de HPV, cerca de 14 estão relacionados com câncer anal, apesar de existir vacina. O HPV pode interferir no controle do ciclo celular e apoptose por meio dos produtos de seus genes *E6* e *E7*, os quais se ligam à p53, atacando as células escamosas epiteliais. Este tipo de câncer geralmente é diagnosticado em

exames de toque, anuscopia ou proctoscopia que detectam a presença de lesões pré-cancerígenas. Os sinais mais comuns são sangramento, dor na região e alteração nas fezes.

<https://oglobo.globo.com/cultura/francoise-forton-guardou-segredo-sobre-cancer-por-dez-anos-mas-decidiu-quebrar-silencio-para-alertar-outras-mulheres-isso-mata-25356668>; Cardial (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a leitura dos textos, cada grupo realizou o levantamento das características de cada tipo de câncer (parte do corpo afetada, nome do gene envolvido, supressor ou oncogene, função normal da proteína, localização cromossômica, causas da mutação, exame diagnóstico e tratamento), preencheram o Quadro 5 e discutiram com os colegas sobre as informações encontradas, para se familiarizarem com temas relacionados ao câncer.

Quadro 5: Características gerais dos tipos de câncer mais comuns

Câncer	Mama	Próstata	Intestino	Retinoblastoma	Pulmão	Colo de Útero
Parte do corpo						
Nome do gene						
Gene: supressor ou oncogene?						
Função da proteína						
Localização						
Causas da mutação						
Exame diagnóstico						
Tratamento						

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após esse momento, o professor criou a seguinte situação: imagine que você é um cientista e coletou o sangue de pacientes (Quadro 5) que possuam células com mutação nos dois alelos do *TP53* (linhagem 1- L1); células de pacientes normais, ou seja, com os dois alelos de *TP53* normais (linhagem 2 – L2) e de indivíduos com apenas um alelo mutado (linhagem 3 – L3) (Figura 3). O *TP53*, conhecido como “Guardião do Genoma”, é um gene supressor de tumor (GST) que desempenha um papel importante na interrupção da divisão das células (mitose) que sofreram danos no DNA. Com a Figura 3, os alunos preencheram os alelos para L1, L2 e L3. Com objetivo de auxiliá-los nesta etapa, o professor disponibilizou a Figura 4, que mostra mutações em proto-oncogenes e Genes Supressor Tumoral (GST).

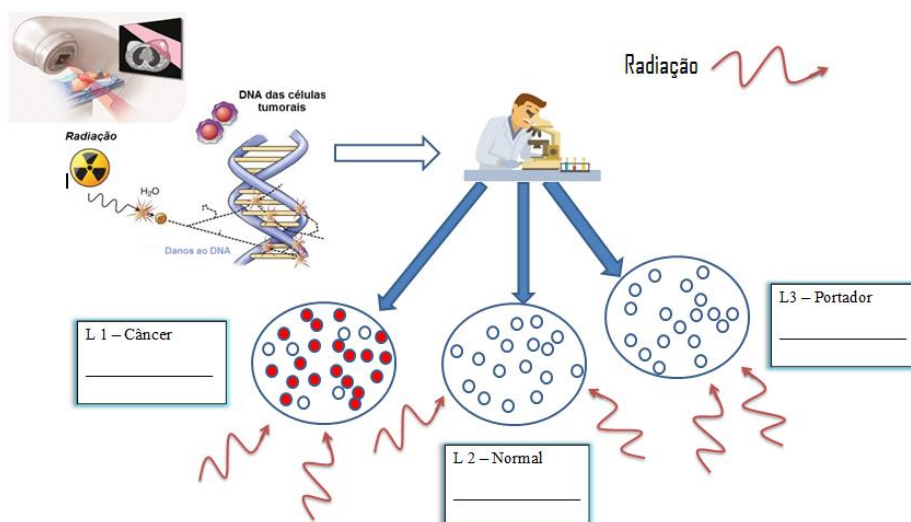


Figura 3: Análise microscópica de três linhagens celulares (L1, L2 e L3) antes e após exposição à radiação

Fonte: Elaborado pelos autores.

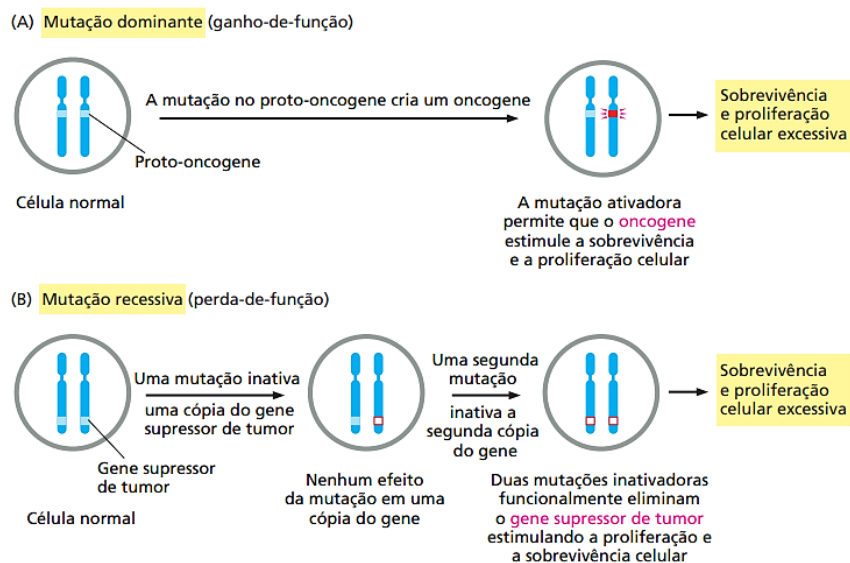


Figura 4: Mutações em proto-oncogenes e Genes Supressor Tumoral
Fonte: Alberts et al. (2017).

Após essa etapa, três linhagens celulares foram expostas à radiação prejudicial ao DNA por 24 e 48 horas, sem alterar o gene *TP53*. Considerando essa condição experimental, surge a seguinte questão: como o índice mitótico (IM) das três linhagens se comportaria ao longo do tempo? Considere que no tempo zero (antes da radiação), o IM da L1 estava a 20% e da L2 e L3 a 10% (valores hipotéticos). Lembre-se que o IM é a proporção de células [(prófase + metáfase + anáfase + telófase/total de células) x 100] que entraram em divisão celular em um dado tempo.

Neste momento, cada grupo pode atribuir valores fictícios para as diferentes fases do ciclo celular para cada linhagem celular na tabela do IM x tempo para L1, L2 e L3 (Quadro 6). No final, os grupos realizaram a conclusão desse momento, verificando as hipóteses levantadas e resultados obtidos para responder ao problema inicial (*O que poderia acontecer com o índice mitótico (IM) das três linhagens ao longo do tempo?*).

Quadro 6: Índice Mitótico (IM) em três linhagens celulares (L1, L2 e L3) após exposição à radiação

Tempo	L1 (IM)	L2 (IM)	L3 (IM)
0	20%	10%	10%
Células	$IM = \frac{P + M + A + T}{\text{total de células}} \times 100$ I: 800 P: 100 M: 50 A: 25 T: 25	$IM = \frac{P + M + A + T}{\text{total de células}} \times 100$ I: P: M: A: T:	$IM = \frac{P + M + A + T}{\text{total de células}} \times 100$ I: P: M: A: T:
Total	1000 células	1000 células	1000 células
24 h	IM?	IM?	IM?
Células	I: P: M: A: T:	I: P: M: A: T:	I: P: M: A: T:
Total	1000 células	1000 células	1000 células
48 h	IM?	IM?	IM?

Células	I: P: M: A: T:	I: P: M: A: T:	I: P: M: A: T:
Total	1000 células	1000 células	1000 células

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após esse momento, cada grupo respondeu por escrito as questões que o professor preparou para fixar os principais pontos da análise das linhagens celulares e apresentaram os argumentos sobre os questionamentos e dialogaram entre si, sendo elas: 1) O que você observou a partir dos resultados do quadro 6?; 2) Qual(is) linhagem(ns) celular(es) possui(em) uma proteína TP53 funcionando adequadamente?; 3) De quantos alelos normais do gene *TP53* as células precisam para funcionar corretamente? Explique.; 4) Por que você usou radiação neste experimento? e 5) Qual a função do *TP53* no ciclo celular?

No 4º Momento (socialização) (1h): os alunos foram convidados a produzir materiais, com uma compilação dos trabalhos realizados em sala de aula. Caso os alunos não terminassem no tempo proposto, eles finalizariam o preparo do material de forma assíncrona. Por fim, com aprovação do diretor e corpo docente da escola, os alunos criaram um *QR Code* do material e disponibilizaram para os demais estudantes da escola.

O instrumento de coleta de dados foi realizado em diversos momentos por meio de questões, atividades, preenchimento de tabelas, cálculos realizados pelos alunos e debates mediados pelo professor. A análise dos dados coletados foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa, para verificar o desenvolvimento de competências conceituais, atitudinais (posicionamento crítico e investigativo perante à situação-problema; trabalhar em grupo de forma colaborativa; buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e procedimentais (estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou oral, compreensão e organização conceitual da informação; interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos; elaborar e testar hipóteses e realizar exposição oral) de acordo com Barcellos e Coelho (2019). Além disso, respostas foram categorizadas, segundo Silva e Trivelato (2017). As respostas foram agrupadas da seguinte forma: classe 0 = resposta do tipo não sei ou em branco; classe 1 = resposta sem conexão com o que foi desenvolvido durante a SEI; classe 2 = resposta com embasamento na temática debatida durante a SEI; classe 3 = resposta que utiliza os argumentos da SEI, mas que vão além, interligando com o contexto social e cultural do estudante. Assim, alunos que responderam de forma geral e superficial e/ou que não demonstraram uma relação direta com os conteúdos trabalhados na atividade da SEI foram categorizadas na classe 1. Durante todas as atividades realizadas, os comentários, questionamentos e discussões dos estudantes foram anotados no diário de bordo com o intuito de registrar as principais reações mediante a realização das aulas que podem contribuir discussões posteriores sobre o ensino e aprendizagem de biologia (Santos; Nunes, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo foi realizado em quatro momentos, a fim de relacionar o ciclo celular e câncer com foco na alfabetização científica, estimulando à curiosidade e o pensamento crítico, além de estimular hábitos saudáveis e mudança no estilo de vida. No 1º momento (sondagem), os alunos mostraram ter conhecimento sobre as diversas campanhas de conscientização, dentre elas, as do câncer de mama e próstata (Figura 1), destacando a importância, prevenção e o mês em que acontece. Em seguida, alguns alunos manifestaram-se sobre o vídeo ("Vencer o câncer é mais fácil quando se está cercado de amor"), afirmando "*ser triste*" e até mesmo "*dá vontade de chorar*". Todos responderam que o vídeo aborda sobre câncer e mostra a criança lutando pela vida. Os alunos

mostraram empatia, colocando-se no lugar da criança; e reflexão sobre como o câncer pode afetar de forma negativa a vida de uma pessoa.

Para encerrar o 1º momento, os grupos responderam às perguntas propostas pelo professor de forma escrita e em grupo (Quadro 2). Quando indagados sobre o que se entende por câncer? Os grupos consideraram como uma doença silenciosa (G1, 16,6%), causada por mutações (G3, 16,6%) ou relacionaram com tumores (G2, G4, G5 e G6, 66,4%). Quanto aos fatores que podem desencadear a doença, G1 (16,6%) citou esporádicos, que são ambientais; como o consumo de carne vermelha, embutidos, álcool, tabagismo, estresse, diabetes, etc., que podem causar danos e/ou alteração no DNA e, conseqüentemente, afetar o funcionamento da célula (Tiezzi, 2009; Megias, 2012; Vanegas, 2020). G2, G5 e G6 (49,8%) também citaram como ambientais: bebidas, má alimentação e exposição solar que podem desencadear o câncer. O G3 (16,6%) pontuou as alterações genéticas, mas não explicou de que forma isso poderia acontecer. Apenas G4 (16,6%) não respondeu, apesar de ser o único que citou que o câncer pode ser benigno ou maligno e ainda fez referência a uma das formas de tratamento. Assim, a maioria dos grupos relacionam o câncer como resultado de mutações e provocados principalmente por fatores ambientais e ao estilo de vida.

Na segunda pergunta (Quadro 2), os grupos (83,4%) concordaram que pode ser esporádico e hereditário, com exceção do G1 (16,6%), que afirmou ser somente hereditário. Ressalte-se que o G3 (16,6%), mencionou "*mas tem a tendência de ser mais ambiental*", o grupo coloca um "peso" maior no estilo de vida, do que propriamente no histórico familiar. Com relação a diferença entre os termos, apenas G1 (16,6%) não respondeu, enquanto G2 (16,6%) em poucas palavras deixou claro a diferença e G3, G4, G5 ou G6 (83,4%) ou confundiram os conceitos e/ou usaram termos que não respondiam à questão. Segundo Pereira, Mesquita e Barros (2023) quando a doença é hereditária, os genes mutantes, são passados de uma geração para outra, podendo ser herdados do pai ou da mãe, com chances iguais de receber ou não os genes defeituosos. De acordo com Castralli e Bayer (2019) e Neto (2023), o câncer esporádico é determinado por alterações genéticas que ocorrem nas células de um indivíduo durante a vida, devido a fatores ambientais, tais como: cigarro, alimentação e estilo de vida. O termo "câncer esporádico" é sinônimo de câncer genético ou não hereditário, ou seja, não tem histórico familiar e resulta de mutações novas, associadas principalmente a fatores ambientais (Borges-Osório, 2013; McInnes; Willard; Nussbaum, 2016). Outros autores preferem as expressões hereditário e não hereditário (Alberts, 2017) ou esporádico e fatores ambientais (Griffiths, 2016) para fazer referência a essa classificação.

Na terceira questão (Quadro 2), todos os grupos concordaram que o câncer não é uma doença contagiosa e citaram que pode ser ou não curada, ressaltando a importância do tratamento, apesar de não o especificar. Portanto, todos os grupos afirmaram corretamente que o câncer não é contagioso, reforçando a conclusão dos grupos de que o câncer não é transmissível, mesmo que infecções associadas como alguns tipos de vírus possam influenciar o risco (Health, 2025). Na quarta questão (Quadro 2), todos os grupos concordaram que o câncer é resultante de mutação. Além disso, G1 e G5 (33,3%) ainda especificaram que essas mutações ocorrem no material genético. Apenas G2 e G3 (33,3%) citaram os fatores ambientais que poderiam contribuir ou mesmo potencializar as mutações, enquanto os outros grupos (66,7%) não fizeram referência a nenhum fator. As respostas dos grupos mostraram associação de que o câncer é resultado de mutações e que fatores ambientais, como pesticidas, podem causar ou potencializar essas mudanças no DNA (Kurz, 2023), como citados por G2 e G3. Neste momento, foi algo contraditório, pois a maioria dos grupos citaram fatores que predispõe o câncer após o vídeo.

Na quinta questão (Quadro 2), quatro grupos (G1, G2, G3 e G5 - 66,7%) relacionaram corretamente o câncer ao descontrole do ciclo celular, enquanto G4 e G6 (33,3%) não souberam responder, possivelmente devido à falta de conhecimento sobre o conceito ou dificuldade em conectar com a carcinogênese. Stebbing; Wander; Bardia (2024) afirmaram que mutações genéticas

podem determinar o início de tumores ao aumentar a taxa de divisão celular ou ao restringir os controles normais do ciclo celular, como a parada ou apoptose. Esse trecho reforça que mutações em genes reguladores de proteínas dos *checkpoints* (G1/S e G2/M) permitem a proliferação de células com danos no DNA. Na sexta questão (Quadro 2), nenhum grupo ouviu falar ou souberam explicar sobre oncogenes e GST, evidenciando dificuldades com conteúdos mais avançados, que mostram que mutações ativadoras em proto-oncogenes e a perda de função em genes supressores, como *TP53* e *RB*, favorecem o desenvolvimento tumoral (Cordón-Cardo; Liggett; Sidransky, 2024). Para suprir essa lacuna, os conceitos foram revisitados em sala de aula, visando consolidar a compreensão de fundamentos envolvidos na gênese do câncer. Desse modo, nas questões com termos e informações mais comuns, os alunos apresentaram maior facilidade em discorrer sobre o conteúdo. À medida que o conteúdo tem maior complexidade ou mesmo relacionado com outros conteúdos, como ciclo celular, os alunos não souberam responder ou se confundiram. Todas as respostas foram discutidas com a turma para uma maior compreensão do tema.

O professor percebeu, neste primeiro momento, que os alunos tiveram uma posição atitudinal, ou seja, trabalharam em grupos para a resolução das questões, mostraram curiosidade sobre o tema, estavam abertos a novos conhecimentos e mesmo que as últimas questões fossem em um nível mais elevado, tentaram respondê-las. Além disso, verificou-se que questionamentos gerais sobre o câncer no presente estudo, instigaram a reflexão, uso de conhecimentos prévios, experiência de vida, contribuindo para uma consciência social, de modo a interpretar, questionar e tentar solucionar as dúvidas, corroborando com Resende; Silva; Battirola (2021). Torres, Alcantara e Irala (2004) explicam sobre a importância do trabalho colaborativo, que depende da cooperação entre membros de uma equipe, na qual duas ou mais pessoas trabalham juntas para criar significados, explorar um tópico ou melhorar habilidades. Trata-se de concretizar uma socialização não só pela aprendizagem, mas principalmente na aprendizagem. Desse modo, o trabalho em grupo é mais do que apenas a realização de tarefas em conjunto, pois permite o desenvolvimento de habilidades ou aprendizagem de conhecimento de forma individual, a troca de ideias, a resolução de problemas e discussão de conceitos (Torres; Alcantara; Irala, 2004).

No 2º Momento, 57% dos alunos entregaram a pesquisa individual e por escrito, mostrando interesse em se aprofundar no tema, pesquisando os tópicos: obesidade, metais pesados, alimentação e sua relação com o câncer; conceito e fases do ciclo celular e alterações cromossômicas. Ressalta-se que os questionamentos foram levantados pelos próprios alunos. Com relação aos fatores ambientais citados, os alunos encontraram informações que mostravam o risco desses fatores como "gatilho" para o surgimento do câncer. Em relação ao ciclo celular, os alunos pesquisaram sobre as diferentes fases do ciclo (G1, S, G2 e fase M) e citaram pontos de checagem ou *checkpoint*, mesmo que de forma superficial, em G1 e G2, mas não souberam responder o porquê da parada na transição entre a metáfase e anáfase. Então, por meio de pesquisa e levantamento de dados, chegaram à conclusão que seria "*por causa da máxima condensação do DNA e também da segregação idêntica do DNA para as células filhas*", ou seja, analisaram a informação e promoveram uma compreensão conceitual da informação, pois o *checkpoint* é um dos mecanismos que garante ao DNA a condensação e segregação de maneira correta, evitando a formação de células com anormalidades cromossômicas que poderiam levar a problemas como câncer. Os alunos ainda pesquisaram sobre alterações numéricas e estruturais nos cromossomos, mostrando o interesse e dedicação na pesquisa. Além disso, o diálogo entre os alunos permitiu que os outros que não realizaram a pesquisa, pudessem obter informações sobre os tópicos.

Nesse momento, os alunos apresentaram argumentações fundamentadas sobre os temas pesquisados para responder aos questionamentos, demonstrando postura crítica e investigativa e buscando o diálogo. Além disso, organizaram as informações por meio da linguagem escrita, elaborando observações, sintetizando conhecimentos e realizando exposições orais que evidenciaram seu posicionamento procedimental. Bueno, Rodrigues e Moreira (2021) observaram

que as pesquisas realizadas fora do ambiente escolar e utilizando a internet ou livros (individual, aos pares ou mesmo em grupo) permitem que os alunos se tornem proativos em busca do conhecimento, permitindo autonomia e criatividade, refletindo sobre as temáticas diárias, permitindo a (re)construção do conhecimento para que, em sala, possam debater, contribuir e discordar, sendo sujeito participativo, em relação as atividades propostas pelo professor. Na busca por respostas, os alunos do presente estudo realizaram o levantamento e análise de dados, o que foi importante para o desenvolvimento da temática a ser abordada. De acordo com Scarpa e Campos (2018), dentre as etapas do ensino investigativo, tão importante quanto a pergunta problematizadora, o levantamento e análise de dados estimulam o pensamento crítico, desenvolve habilidades de pesquisa, além de preparar os alunos para um mundo baseado em dados, tornando o aprendizado mais significativo.

Após a troca de informações, o professor junto com os alunos fez a leitura da situação problema (Quadro 3) e a pergunta a ser investigada foi: *"Como as alterações no ciclo celular podem provocar câncer?"* O aluno A1 levantou a seguinte hipótese: *"Eu acho que é por causa da mudança na estrutura do DNA"*, em seguida A7 argumentou: *"Professor, por que as células do câncer se comportam de maneira tão diferente?"* e o A2 respondeu: *"tu não lembra da inversão, deleção e das outras alterações"*. O professor continuou a explorar o contexto da situação problema e perguntou o que era mastectomia e um aluno explicou que *"a mastectomia é a retirada dos seios para evitar que o câncer se espalhe"*. O A1 levantou um questionamento sobre *"quais os estágios do câncer?"* como a turma não sabia, o professor orientou que procurassem em sites e o A5 encontrou como resposta *"iniciação, promoção e progressão"*. A7 conclui que o *"câncer, na fase de progressão, atinge outras partes do corpo por meio do sangue"*, fazendo referência de como os tumores se espalham pelo corpo. Com os alunos estimulados sobre os questionamentos, o professor indagou *"teria algum mecanismo que a célula utiliza para não formar tumores?"* A1 citou o *checkpoint*, com base em pesquisa prévia. E *"quais fatores poderiam iniciar um câncer?"* indagou o professor. A1 e A2 citaram *"falta de atividade física, álcool, alimentação e metais pesados"*. As hipóteses levantadas pelos alunos - como alterações no DNA (deleção, inversão), estágios do câncer, *checkpoints* e fatores ambientais - dialogam com o estudo de Padilha e Panis (2024), que mostraram que instabilidades cromossômicas favorecem o acúmulo de mutações, inflamação crônica e estresse oxidativo, fatores que contribuem para a progressão do câncer. Assim, a discussão em sala reflete conceitos centrais da biologia tumoral contemporânea.

Para finalizar a discussão, o professor pediu que os alunos estivessem no lugar do médico e explicassem o surgimento do câncer (Figura 2). A proposta de colocar os alunos no lugar do médico para explicarem o surgimento do câncer está alinhada com as ideias de Carvalho (2013), que estimula o protagonismo do aluno no processo de aprendizagem. Segundo a mesma autora, o ensino investigativo promove a construção ativa do conhecimento, em que os estudantes desenvolvem habilidades científicas ao problematizar, questionar e buscar explicações para fenômenos reais. Ao assumir o papel de médico, os alunos não apenas reproduzem conceitos, mas articulam saberes científicos de forma contextualizada, favorecendo a compreensão dos mecanismos biológicos, como as mutações genéticas e o descontrole do ciclo celular que levam ao câncer. Assim, o EI fortalece a autonomia intelectual e o pensamento crítico, pilares do ensino investigativo.

Durante este momento, A1 disse que *"mostraria a figura para Maria e explicaria o processo de formação de tumor"*, já A5 *"pediria o histórico familiar, além de avaliar o estilo de vida para saber se o câncer de Maria era hereditário ou esporádico"*. De forma geral, observa-se nas falas um aprendizado dos alunos, relacionando os questionamentos e pesquisas prévias com outros conteúdos e, ainda expondo oralmente e analisando de forma crítica a situação de Maria, embora a resposta da problematização não tenha ficado clara. Depois da discussão realizada, o professor retomou novamente a investigação sobre como alteração do ciclo celular poderia formar o câncer, ainda utilizando a Figura 2, os alunos formularam as seguintes hipóteses: (1) *Professor, acho que as células do corpo perdem o controle da divisão e aí a célula se divide sem parar;* (2) *O DNA da*

célula controla a divisão, então eu acho que acontece alguma alteração no DNA, tipo a pessoa nasce com essa tendência daí quando chega numa certa idade se manifesta e (3) É mas também tem a questão do câncer aparecer tipo quando a pessoa fuma, deve ter influência do que a pessoa faz na vida. Tipo os hábitos dela podem gerar o câncer, a célula pode ser afetada pelos hábitos da pessoa.

Desse modo, para testar as hipóteses, os alunos fizeram esquemas do ciclo mitótico em aula e finalizaram em casa. Na aula seguinte, apresentaram os trabalhos, explicando o que tinham feito em grupo e como poderiam explicar as hipóteses levantadas (Figura 5). Em relação a 1ª hipótese ("Professor, acho que as células do corpo perdem o controle da divisão e aí a célula se divide sem parar") e com base na Figura 5A, os alunos explicaram que: "Problemas no ciclo celular e nas paradas (checkpoints) em G1, G2 e Metáfase, a célula poderia se reproduzir de forma descontrolada, iniciando o processo de tumorigênese". Na 2ª hipótese (O DNA da célula controla a divisão, então eu acho que acontece alguma alteração no DNA, tipo a pessoa nasce com essa tendência daí quando chega numa certa idade se manifesta). Os alunos propuseram, a partir da observação das Figuras 5B e 5C, que as alterações estruturais cromossômicas poderiam acumular e se manifestariam com "certa idade", ou seja, associaram com as duas primeiras fases do câncer (iniciação e promoção). Além disso, também relataram a translocação de pedaços de DNA (Figura 5C) e alterações nas fibras do fuso mitótico em alguns cromossomos, desenvolvendo aneuploidias, que poderiam estar associadas com a formação tumoral. Na 3ª hipótese ("É mas também tem a questão do câncer aparecer tipo quando a pessoa fuma, deve ter influência do que a pessoa faz na vida"). Neste momento, os alunos utilizaram a Figura 5D, mostrando a deleção de parte de um cromossomo, que poderia ser provocada por conta de substâncias cancerígenas presentes no cigarro e que poderiam desregular o ciclo celular.

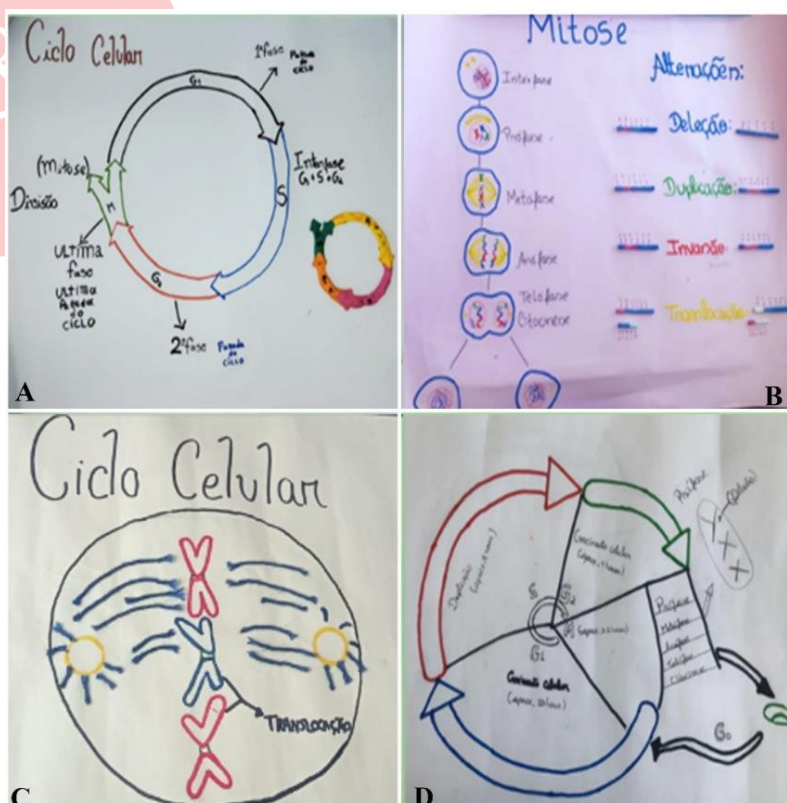


Figura 5: Trabalhos sobre ciclo celular e alterações cromossômicas dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual em Teresina - PI. A) Ciclo celular e checkpoint. B) Fases da Mitose e tipos de alterações cromossômicas. C) Translocação cromossômica. D) Deleção.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação a pergunta problematizadora "*Como as alterações no ciclo celular podem provocar câncer?*" os alunos concluíram que os fatores ambientais podem promover danos ao DNA e alterações cromossômicas estruturais e numéricas que estão relacionadas com a formação de tumores. Após a exposição e explicação dos trabalhos, os alunos formaram quatro grupos (o trabalho iniciou-se com 34 alunos, mas durante a SEI ocorreu uma redução no número de participantes, chegando em algumas aulas com 19 alunos. Sendo assim, os alunos foram reorganizados, diminuindo o número de grupos) para responder às 4 questões subjetivas preparadas pelo professor, de forma escrita, envolvendo o assunto da aula, para verificar a capacidade argumentativa dos estudantes. Com relação a pergunta problematizadora "*Como as alterações no ciclo celular podem provocar câncer?*" os alunos concluíram que os fatores ambientais podem promover danos ao DNA e também alterações cromossômicas estruturais e numéricas que estão relacionadas com a formação de tumores.

Após a exposição e explicação dos trabalhos, os alunos formaram quatro grupos (o trabalho iniciou-se com 34 alunos, mas durante a SEI ocorreu uma redução no número de participantes, chegando em algumas aulas com 19 alunos. Sendo assim, os alunos foram reorganizados, diminuindo o número de grupos) para responder às 4 questões subjetivas preparadas pelo professor, de forma escrita, envolvendo o assunto da aula, para verificar a capacidade argumentativa dos estudantes.

Em relação a 1º pergunta (como o ser vivo é formado de células, podemos afirmar que as células têm potencial para formar câncer? Explique). G1 e G4 (50%) conseguiram resumir de forma didática ao questionamento, usando os conhecimentos aprendidos em sala, enquanto G3 (25%) não respondeu e G2 (25%) fez uma colocação sobre oncogenes e GST, que estão relacionados com câncer. Essa questão, de certa forma, é bem intuitiva, pois a célula tem material genético e com essa alteração, pode ocorrer uma divisão celular desenfreada (McInnes; Willard; Nussbaum, 2016). Na 2º pergunta (o que diferencia uma célula normal de uma cancerosa?), todos os grupos conseguiram resumir as características de uma célula tumoral, como proliferação descontrolada, invasão e capacidade de sofrer metástase. Na questão 3 (quais modificações podem acontecer no DNA ou no cromossomo para desencadear o câncer?), apenas G2 (25%) não respondeu, mas G3 (25%) foi enfático em falar das alterações estruturais, G1 (25%) especificou as mutações e G4 (25%) apesar de não ter usado o termo mutação, apresentou a "transformação" de proto-oncogene em oncogene. Na última questão (qualquer pessoa pode desenvolver câncer?), todos os grupos afirmaram que o estilo de vida poderia ser um potencial meio de formação de câncer. As respostas evidenciaram uma melhora no conteúdo.

Para finalizar o 2º momento, o professor pediu para que os alunos pegassem novamente o texto da situação problema (Quadro 3), lessem mais uma vez e respondessem de forma individual e escrita a questão problematizadora (como as alterações no ciclo celular podem provocar câncer?). Os resultados desta análise (Figura 6) evidenciaram: nenhuma resposta do tipo não sei ou em branco (classe 0); 5% com respostas sem conexão com o que foi desenvolvido durante a SEI (classe 1); 37% conseguiram relacionar os conteúdos estudados com embasamento na temática debatida durante a SEI (classe 2) e 58% utilizam os argumentos da SEI, mas que vão além, interligando com o contexto social e cultural do estudante (classe 3). Desse modo, foi observado que 100% das respostas mostraram que as atividades realizadas em sala e o interesse em pesquisar determinado assunto, favoreceu a construção do conhecimento e, consequentemente, respostas mais elaboradas.

O professor iniciou o 3º momento dividindo a turma em seis grupos, no qual cada grupo recebeu um caso sobre câncer em "famosos" (Quadro 5). Eles leram os textos e após a leitura, o professor distribuiu uma folha para que os grupos preenchessem as características gerais dos tipos de câncer mais comuns. Neste momento, os alunos trabalharam em grupo de forma colaborativa, por meio de coleta de informações nos textos distribuídos pelo professor, realizando uma análise

crítica. Alguns sentiram dificuldades, pois os textos não respondiam todas as questões, sendo necessária uma pesquisa adicional, que foi realizada de forma assíncrona, principalmente sobre Gene Supressor Tumoral (GST) e oncogenes, que eles não conseguiram responder. Em seguida, o professor convidou os alunos para colocar as respostas do quadro 5 no quadro de acrílico para uma discussão coletiva, a fim de maior aprofundamento do conteúdo. Os grupos conseguiram encontrar a maioria das respostas, mas na característica "Função da proteína" apenas o grupo que pesquisou sobre câncer de pulmão encontrou e em "Causas da mutação", apenas em intestino e retinoblastoma foi encontrado. Desse modo, o professor auxiliou os alunos com as informações que faltaram para finalizar a explicação.

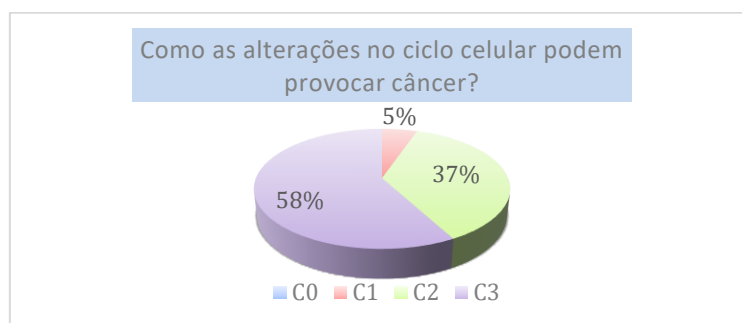


Figura 6: Resposta de 19 estudantes do 3º ano do Ensino Médio referente a problematização (como alterações no ciclo celular podem provocar câncer?)².

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o quadro todo preenchido, o professor pediu para que os alunos observassem novamente e questionou sobre o que era proto-oncogene. A1 e A3 responderam que *"são genes que normalmente ajudam a célula a crescer"*. Em seguida, o professor perguntou sobre os GST, A2 disse: *"É um gene supressor de tumor"* e o que ele faz, o A4: *"[...] diminui a velocidade de crescimento da célula"*. A2 questionou sobre o porquê de a velocidade da célula diminuir durante a mitose e sua relação com o GST e o A1 comentou que o *"GST freia o ciclo para conferir se não tem erro"*, mostrando uma análise crítica do conceito de GST.

Durante as discussões, alguns alunos realizaram os seguintes comentários sobre o quadro 5: (1) *"Como o câncer é resultante de uma alteração no DNA, as células cancerosas produzem proteínas ruins e assim o corpo fica cada vez mais doente"*. A6 destacou que *"se o corpo produz proteínas ruins, esse GST vai tentando parar o ciclo celular e consertar o processo"*. (2) *"Quando a pessoa faz um exame para câncer, tipo de mama, as células doentes ficam somente lá (no órgão), mas podem se espalhar para o corpo. Eu acho que se a célula tem o mesmo DNA em todas as células, quando se espalha, ele tipo que contamina as outras células"*. *"Com o tratamento, a pessoa fica boa, mas pode acontecer de voltar, isso acontece porque o DNA está afetado"*. *"Se a pessoa fez tratamento (quimioterapia), aquelas células doentes morrem, mas como o DNA é igual para todas as células, se uma estiver doente, provavelmente as outras também irão adoecer"*. Nota-se uma visível evolução em termos de aprendizado, destacando-se alguns pontos, como: relação da alteração do material genético com o aparecimento do câncer; ação do GST; entenderam que as células possuem o mesmo DNA; a ideia de metástases sendo utilizada como "espalhar" ou outra "parte do corpo" ou "contamina"; a questão que o tratamento pode matar as células tumorais, mas pode voltar pelo fato do DNA "estar afetado".

O professor ainda indagou aos alunos sobre a função do *TP53*, e o aluno A5 respondeu: *"Checagem do ciclo celular e apoptose"*, ou seja, *"checkpoint"*. A4 disse: *"pra ver se está tudo bem"*.

² C0 (classe 0 = resposta do tipo não sei ou em branco). C1 (classe 1 = resposta sem conexão com o que foi desenvolvido na SEI). C2 (classe 2 = resposta com embasamento na temática durante a SEI). C3 (classe 3 = resposta com os argumentos da SEI, mas que vão além, interligando com o contexto social e cultural do estudante).

e a célula continuar a se dividir" e A5 respondeu "nesse checkpoint ocorrerá eventual reparo no DNA". O professor, ao questionar sobre a relação da parada do ciclo celular e a formação do câncer, o A1 respondeu que "se não tiver essa parada, a célula fica doente e funcionaria mal". O professor ainda fez perguntas sobre fatores que poderiam levar ao desenvolvimento de câncer na população e os alunos mencionaram o "cigarro", "alimentação" e "produtos industrializados". Verificou-se que os textos motivadores e a pesquisa realizada pelos alunos foram essenciais para o preenchimento do Quadro 5, mesmo que de forma parcial, permitindo que os alunos levantassem questionamentos sobre a temática e se aprofundassem no conteúdo. Neste momento, os alunos tiveram um posicionamento crítico, capacidade de trabalho em grupo, estruturando e interpretando ideais por meio de pesquisa prévia e construção do quadro 5, expondo oralmente suas ideias, fazendo a contextualização com outros conteúdos e compartilhando com os colegas as informações coletadas.

Na segunda parte do 3º momento, o professor iniciou a aula distribuindo a Figura 3, simulando que os alunos seriam cientistas e coletariam o sangue de pacientes do Quadro 5, encontrando células com mutação nos dois alelos do *TP53* (L1); células com os dois alelos de *TP53* normais (L2) e com apenas um alelo mutado (L3) (Figura 3). Neste momento, ao colocar o aluno como um "cientista" que coleta e analisa dados reais, promove uma aprendizagem mais significativa, pois incentiva a construção do conhecimento a partir de perguntas, observações e hipóteses, em vez de apenas transmissão passiva de informações. Essa estratégia também favoreceu o desenvolvimento de habilidades de argumentação e análise de evidências, essenciais na formação de um entendimento mais aprofundado sobre o tema. Além disso, ao lidar com situações semelhantes às de um pesquisador real, os estudantes aprendem a interpretar resultados, relacionar conceitos teóricos com contextos práticos e compreender a importância do raciocínio científico na investigação de fenômenos biológicos, consolidando o aprendizado e despertando maior interesse pela ciência.

Em seguida, pediu que os grupos identificassem nas células cancerígenas (L1) ou normais (L2 e L3), quais seriam os alelos dominantes ou recessivos, explicando o porquê das células L2 e L3 apresentarem o mesmo fenótipo. Mesmo já tendo conhecimento sobre padrões de herança apresentado em aulas anteriores e inclusive, pesquisando, os alunos não conseguiram chegar a um consenso. Então o professor repassou a Figura 4 e alguns alunos conseguiram relacionar que com apenas um alelo dominante, ativaria os proto-oncogenes resultando em ganho-de-função provocando o câncer e que a mutação recessiva teria de ter os dois alelos mutados para o desenvolvimento da doença. A partir desta compreensão, os alunos retornaram a Figura 3, que retrata problemas apenas com o *TP53* que é um GST e disseram que em L1, as "bolinhas pintadas em vermelho" eram células com alelos recessivos (aa) e que em L2 e L3 tinha pelo menos um alelo dominante (A), ou seja, perceberam que as células portadoras tinham um alelo dominante, o que garantia que estas não desenvolveriam o câncer. O professor leu com os alunos novamente a situação problematizadora, sobre a incidência da radiação nas três linhagens (L1, L2 e L3) (Figura 3) e questionou: O que poderia acontecer com o Índice Mitótico (IM) das três linhagens ao longo do tempo?, os grupos com o Quadro 6 tentavam primeiro entender como se calculava o IM por meio da fórmula e depois que conseguiram, alguns alunos de cada grupo repassaram para os demais integrantes, mostrando uma atitude colaborativa, trabalhando em grupos e buscando o diálogo.

Durante esse momento, cada grupo discutiu as hipóteses sobre o que aconteceu com o IM das linhagens celulares e atribuíram valores fictícios para as diferentes fases do ciclo celular para realizar o cálculo do IM para L1, L2 e L3 ao longo de 24 e 48 h (Quadro 6). Houve um entendimento dos alunos sobre o que aconteceria com o IM, onde A1 disse: "acho que nessa parte (L1 - 24 h e 48 h), o IM irá aumentar". Já A5 ainda faz uma relação entre GST e IM: "se os genes GST não estão funcionando (L1), as células irão se multiplicar muito rápido e o IM aumenta". Quando questionados sobre a porcentagem de células que entram em mitose, A1 e A5 falaram, respectivamente: "então vai para uns 30% ou 40%, pois nem todas as células estão em mitose". Em relação a L2 e L3, o professor questionou sobre o valor do IM e A3 respondeu: "diminui (24 h e 48 h), porque os genes

ainda estão funcionando na maioria das células e com a radiação o GST para o ciclo", mostrando o entendimento de que quando a radiação provoca algum dano no material genético, o GST responde "freando" o ciclo celular para que o reparo do dano pudesse ser realizado, assim como observado em culturas de células expostas a radiação (Bunz et al., 1998). Os alunos demonstraram atitude procedimental ao preencher os dados, calculando o IM e desenvolvendo modelo explicativo sobre o que aconteceu com o IM.

Após o término da atividade, os grupos retornaram à Figura 3 para responder novamente à questão problematizadora (*"O que poderia acontecer com o índice Mitótico (IM) das três linhagens ao longo do tempo?"*) por escrito. Apenas um grupo (25%) não conseguiu compreender que o IM em L2 e L3 reduziu devido ao funcionamento do GST, afirmando que *"O IM das três linhagens poderiam aumentar cada vez mais e se agravando ainda, sofrendo assim um dano no DNA"*. Enquanto os outros grupos (75%) conseguiram relacionar o funcionamento ou não do GST com a progressão do ciclo celular (*"A da L1 aumentaria ao longo do tempo e da L2 e L3 reduziu, o GST aqui tá normal"*).

Para finalizar o 3º momento, cada grupo respondeu por escrito as questões preparadas pelo professor para fixar os principais pontos que aconteceram na análise das linhagens celulares. Com relação a primeira pergunta (O que você observou a partir dos resultados do quadro 5?), todos os grupos entenderam que o IM está diretamente relacionado com o funcionamento do GST. Um exemplo é do G3 que afirmou: *"A linhagem celular L1 apresenta um aumento no Índice Mitótico ao longo do tempo e as linhagens L2 e L3 reduziram o Índice Mitótico ao longo do tempo por causa do funcionamento do GST"*. Na segunda questão (Qual (is) linhagem (s) celular (es) possui (m) uma proteína Tp53 funcionando adequadamente?), três grupos (75%) responderam corretamente com as linhagens L2 e L3, enquanto um dos grupos (25%) apenas conceituou a função da proteína.

Na terceira questão (De quantos alelos normais do gene *TP53* as células precisam para funcionar corretamente? Explique), apenas um grupo (G3) (25%) acertou: *"[...] pelo menos, um dos alelos precisa estar funcionando para que as células operem corretamente"*. Enquanto G1 (25%) extrapolou o número de alelos, G2 (25%) não conseguiu responder de forma correta e G4 (25%) não respondeu. Esperava-se que a maioria ou todos os grupos acertassem esta questão, pois durante atividade eles conseguiram perceber que em L1 os dois alelos estão mutados e em L2 e L3 tem pelo menos um GST funcional. Provavelmente, confundiram o conceito de genes e alelos. Na quarta questão (Por que você usou radiação neste experimento?), G2 e G3 (50%) acertaram a resposta, propondo: *"A exposição à radiação pode afetar o processo de divisão celular, conhecida como mitose. Ao expor as células a diferentes doses de radiação e analisar o Índice Mitótico, os pesquisadores podem obter informações sobre como radiação influencia na taxa de proliferação celular"*. O G3 ainda propõe um modelo explicativo sobre ação da radiação na divisão celular. Enquanto G1 (25%) não respondeu de maneira assertiva e G4 (25%) não respondeu. Na quinta questão (Qual a função do *TP53* no ciclo celular?), todas as respostas foram corretas, evidenciando funções como *"apoptose e parada do ciclo celular"* (G1); *"interrupção da divisão das células (mitose)"* (G2); *"parada do ciclo celular permitindo o reparo do dano no DNA ou indução da morte celular"* (G4). O G3 (*"TP53 atua para prevenir o crescimento descontrolado de células anormais que podem levar ao desenvolvimento de câncer, durante o ciclo celular e pode agir em G1"*) mostrou uma resposta mais elaborada, mostrando a função e o local de atuação. Apesar da fase de sondagem, os alunos nunca terem ouvido falar em GST e oncogenes e que o IM é pouco ou não explorado em aula, ocorreu evolução nas respostas, o que demonstrou entendimento do conteúdo pela maioria.

De forma geral, o uso de imagens e figuras pelo professor promoveu maior foco no conteúdo estudado, pois permitiu que os alunos pudessem explorar mais sobre o assunto e dialogar entre si e com o professor. Para Cunha (2015), elaborar, criar, engendrar, gerar, manipular, olhar, enxergar, admirar, ver imagens são ações que nos acompanham ao longo de séculos. Assim, as imagens e

desenhos que estão nos momentos da SEI serviram como recursos, tornando as aulas mais interessantes e atrativas, pois são uma forma de linguagem que permite o desenvolvimento da habilidade do aluno em interpretar visualmente as informações, conforme Tomio (2013).

O 4º momento foi desenvolvido ao longo da SEI, com a construção da página do *Instagram* com tabelas, vídeos e *links* pelos alunos, que criaram um *QR Code* (Figura 7) do material e disponibilizaram para os demais estudantes da escola. Foi um momento de bastante interação e compartilhamento de informações entre os grupos, que sugeriram quais vídeos ou imagens, bem como os textos que ficariam melhores para representar as etapas da SEI. Os alunos sentiram-se motivados em construir um trabalho próprio, além da empolgação em divulgá-lo.



Figura 7: Página do *Instagram* com os principais pontos sobre ciclo celular e câncer
Fonte: Elaborado pelos autores.

O desempenho dos alunos durante as atividades foi surpreendente. Mesmo que alguns tenham faltado, a maioria contribuiu de forma efetiva para a realização de todas as etapas. Os alunos levantaram hipóteses para solucionar as problematizações, pesquisaram, coletaram e analisaram dados e realizaram conclusões durante o processo de aprendizagem. Assim, verificou-se que conseguiram entender sobre o processo mitótico, GST e oncogenes, determinaram sua diferença básica e conseguiram associar a funcionalidade do GST a progressão do ciclo celular e sua relação com o câncer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e aplicar uma SEI sobre genes e o descontrole do ciclo celular na formação do câncer, de forma contextualizada com o cotidiano. Os alunos perceberam que mudanças na estrutura do DNA e/ou cromossomo podem favorecer o surgimento de tumores, impedindo o bom funcionamento da célula. Com análise dos tipos de câncer e pesquisas realizadas, entenderam que mutações nos proto-oncogenes e genes supressores de tumor (GST) estão relacionados com o desenvolvimento do câncer, no entanto, apresentaram dificuldades sobre dominância e recessividade dos genes relacionados com a progressão tumoral. Conseguiram perceber que os GST, quando mutados, alteravam a quantidade de mitoses realizada pelas células, sendo constatado por meio de cálculo matemático. Em todos os momentos, a pesquisa realizada pelos alunos foi importante para melhorar a reflexão e compreensão do tema em estudo.

Os alunos levantaram hipóteses, relacionaram situações propostas com o cotidiano, trabalharam de forma crítica e colaborativa em relação as atividades e situações criadas em cada momento e construíram modelos explicativos. Além disso, propuseram respostas aos questionamentos, coletaram e analisaram dados das atividades, apresentaram motivação e agiram como protagonistas. Em todos os momentos, aperfeiçoaram habilidades em expor ideias e estruturar argumentações, tanto de forma oral como escrita, o que foi observado qualitativamente e quantitativamente nos resultados. As falas transcritas mostraram o empenho em desenvolver as atividades propostas com exposições orais em relação ao ciclo celular e câncer. No entanto, é importante notar que nem todos os estudantes participaram ativamente e parte deles tiveram dificuldades em compreender o conteúdo. Além disso, as argumentações escritas foram um

termômetro de avaliação do aprendizado e da melhoria da capacidade de organizar as ideias e expressá-las de forma correta em relação ao que se pedia.

Desse modo, evidencia-se a importância da SEI desenvolvida e aplicada neste estudo em escolas do Ensino Médio para que os estudantes possam atribuir maior significado aos temas abordados, contextualizando com a sua realidade e superando o ensino somente informativo, descontextualizado e fragmentado.

Agradecimentos

Agradeço à CAPES, código de financiamento 001, pelo apoio financeiro e ao PROFBIO/UESPI pelo incentivo e apoio na realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da biologia celular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

AZEVEDO, D.; PIETRICOSKI, L.; DELLA, L. Proposta de uma sequência didática sobre o tema câncer para o ensino fundamental: possibilidades e limites. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 6, ed. esp., p. 460-470, 2021.

BADZINSKI, C.; HERMEL, E. E. S. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 434-454, 2015.

BARCELLOS, L. S.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do Ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao Sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, Local, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.

BORGES-OZÓRIO, M.; ROBISON, W. **Genética humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

BORGES, A. O. *et al.* Alterações moleculares no desenvolvimento do câncer de próstata. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n 16, 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2018.

BUENO, M. B. T.; RODRIGUES, E. R.; MOREIRA, M. I. G. O Modelo da Sala de Aula Invertida: Uma estratégia ativa para o ensino presencial e remoto. **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 3, p. 662-684, 2021.

BUNZ, F. *et al.* Requirement for p53 and p21 to sustain G2 Arrest after DNA damage. **Science** v. 282, n. 5393, p.1497-1501, 1988.

CARDIAL, M. F. T. *et al.* Papilomavírus humano (HPV). **Feminina**, pág. 94-100, 2019.

CARVALHO, A. **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CASTRALLI, H. A.; BAYER, V. M. L. Câncer de mama com etiologia genética de mutação em BRCA1 e BRCA2: uma síntese da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 3, p. 2215-2224, 2019.

CORDÓN-CARDO, C.; LIGGETT, W.; SIDRANSKY, D. Dysregulation of Cell Cycle Control in Cancer. **Excli Journal**, v. 23, p. 7076, 2024.

CUNHA, S. Qual o lugar dos materiais visuais na pesquisa em educação? **Educação em Revista**, v. 31, p. 69-91, 2015.

ELIAS, M. A.; RICO, V. Ensino de biologia a partir da metodologia de estudo de caso. **Revista Thema**, v. 17, n. 2, p. 392-406, 2020.

G1. **Com receio de câncer, Angelina Jolie faz cirurgia para retirar os seios.** 14 de maio de 2013. Disponível em: < <https://g1.globo.com/pop-arte/cinema/noticia/2013/05/com-receio-de-cancer-angelina-jolie-retira-os-seios.html> > Acesso em: 21 ago. 2022.

G1. **Ian McKellen, de 'O hobbit', revela ter câncer de próstata.** 11 de dezembro de 2012. Disponível em: <https://glo.bo/Uzorjy> > Acesso em: 24 ago. 2023

G1. **Ponte Estaiada, em Teresina, ganha iluminação rosa para alertar sobre o câncer de mama.** 02 de outubro de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/10/02/ponte-estaiada-em-teresina-ganha-iluminacao-rosa-para-alertar-sobre-o-cancer-de-mama.ghtml>. Acesso em: 11 ago. 2022.

G1. **Tiago Leifert e Diana Garbin dizem que estado de saúde da filha é estável, Lua foi diagnosticada com retinoblastoma.** 07 maio 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pop-arte/noticia/2022/05/07/tiago-leifert-e-daiana-garbin-dizem-que-estado-de-saude-da-filha-e-estavel-lua-foi-diagnosticada-com-retinoblastoma.ghtml>. Acesso em: 25 ago. 2023.

GRIFFITHS, A. J. F. *et. al.* **Introdução à genética.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabarra Koogan, 2016.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HEALTH, V. Is cancer contagious? Disponível em: <https://www.verywellhealth.com/is-cancer-contagious-514238>. Acesso em: 7 jul. 2025.

Hospital Hélio Angotti. **Sobre o Câncer.** 2018. Disponível em: <https://www.helioangotti.com.br/paciente/sobre-o-cancer/> Acesso em: 09 ago. 2022

INCA. **Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf>

PIAUÍ – Estimativa de novos casos. **INCA**. 19 de novembro de 2022. Disponível em <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros/estimativa/estado-capital/piaui>. Acesso em: 12 mar. 2023

KAPP, S.; ZANINI, M.; SCHETINGER, M. Quais conhecimentos os alunos da terceira série do ensino médio têm sobre o câncer e sua prevenção? **VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 73-82, 2010.

KURZ, W. *et al.* Agricultural intensification and childhood cancer in Brazil. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, n. 21, 2023.

LIMA, M. *et al.* Atividades práticas de biologia: uma sequência de ensino investigativa sobre o ciclo celular. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e611997801, 2020.

MCINNES, R. R.; WILLARD, H. F.; NUSSBAUM, R. **Thompson & Thompson genética médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016.

MEGÍAS, E. O. *et al.* Comportamiento del cáncer colorrectal esporádico en un hospital provincial. **Revista Cubana de Medicina**, v. 51, n. 4, p. 302-312, 2012.

NETO, J. E. J. *et al.* Os desafios da doença de Alzheimer-uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 5, p. 23857-23865, 2023.

Notícias da TV. **Atriz consagrada ficou em choque com doença terminal: "Seis meses de vida"**. 04 de abril de 2023. Disponível em: <https://noticiasdatv.uol.com.br/noticia/celebridades/atriz-consagrada-ficou-em-choque-com-doenca-terminal-seis-meses-de-vida-100149>. Acesso em: 22 jul. 2023

Oncoguia. **Sobre o câncer Colorretal**. 29 de abril de 2015. Disponível em: <http://www.oncoguia.org.br/conteudo/sobre-o-cancer/439/185/> Acesso em: 23 ago. 2022.

Oncoguia. **Causas do Retinoblastoma**. 03 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.oncoguia.org.br/conteudo/causas-do-retinoblastoma/4357/1112/> Acesso em: 25 ago. 2023.

Oncoguia. **BRCA1 e BRCA2**. 09 de outubro de 2020. Disponível em: <http://www.oncoguia.org.br/conteudo/brca1-e-brca2/13920/1227/> Acesso em: 21 de ago. 2022.

O Globo. **Françoise Forton guardou segredo sobre câncer por dez ano, mas decidiu quebrar o silêncio para alertar outras mulheres: 'isso mata'**. 16 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/cultura/francoise-forton-guardou-segredo-sobre->

cancer-por-dez-anos-mas-decidiu-quebrar-silencio-para-alertar-outras-mulheres-isso-mata-25356668 /Acesso em: 19 mar. 2022.

PACE, L. B. F. *et al.* Estilo de vida e câncer: epidemiologia e fatores de risco modificáveis. **Jornada Mato-Grossense de Epidemiologia Clínica**, 2024.

PADILHA, E. C.; PANIS, C. Genes da instabilidade de microssatélites no câncer colorretal: papel na inflamação e estresse oxidativo. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 45, n. 2, p. 113-120, 2024.

PEREIRA, G. L. C.; MESQUITA, A. F. S.; BARROS, M. D. M. Análise dos conteúdos de biologia molecular em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Teias**, v. 24, n. 73, p. 274-289, 2023.

PINHEIRO, M.; SANTOS, L. Reflexões sobre o ensino de ciências frente os desafios da cibercultura. **Boletim GEPEM**, n. 75, p. 89-103, 2019.

R7. **Entenda o câncer de cólon que matou o astro de "Pantera Negra". 01 de setembro de 2020.** Disponível em: <https://noticias.r7.com/saude/entenda-o-cancer-de-colon-que-matou-o-astro-de-pantera-negra-01092020>. Acesso em: 23 ago. 2022

RENAL, V. Retroperitoneais, Tumores. Estimativa 2018: incidência de câncer no Brasil. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 64, n. 1, p. 119-120, 2018.

RESENDE, T.; SILVA, L.; BATTIROLA, L. A Microbiologia no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: a percepção dos estudantes do Ensino Médio sobre as bactérias e suas interações com o cotidiano. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 6, p. 1-19, 2021.

SANTOS, E. O. *et al.* Aprendizagem baseada em problemas no ensino de enfermagem. **Revista Contexto & Saúde**, v. 17, n. 32, p. 33-45, 2017.

SANTOS, B.; CONCEIÇÃO, A.; MOTA, M. D.; CROSARA M. L. R. Concepções Prévias sobre o ensino por investigação: um estudo exploratório com licenciandos em ciências biológicas. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 5, n. 1, p. 106-127, 2022.

SANTOS, I. S.; NUNES, M. D. R. Diário de bordo no Estágio Supervisionado em Geografia: vivências e desafios na/para a formação docente. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 13, n. 23, p. 05-21, 2023.

SASSERON, L. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. Editorial. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SCARPA, D. L. *et al.* O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Revista Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de biologia por investigação. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018.

SILVA J., Wilson, A. A importância dos estudos genéticos sobre câncer de pulmão. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 35, p. 721-722, 2009.

SILVA, A.; FERREIRA, J.; VIERA, C. O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283-304, 2017.

SILVA, M. B.; TRIVELATO, S. L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.22, n. 2, p. 139 – 153, 2017.

SOUZA, A. G. *et al.* Retinoblastoma pediátrico-visão geral Pediatric retinoblastoma-overview. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 5852-5862, 2022.

SOUSA, S. A. L. **Câncer**: uma abordagem investigativa no ensino médio. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí, UESPI, Teresina, Piauí, 2022

STEBBING, J.; WANDER, S. A.; BARDIA, A. Cell cycle dysregulation in cancer: review of checkpoint signaling and therapeutic opportunities. **Pharmacology & Therapeutics**, 2024.

Teia Design. **Ambientes no tom: Azul em projetos de design interiores**. 29 de novembro de 2015. Disponível em: <http://teiadesign10.blogspot.com/2015/11/teia-design-apoiando-iluminacao-na.html> Acesso em: 12 ago. 2022

TEMP, D.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. O ensino de genética: a visão de professores de Biologia. **Revista Científica Schola**, v. 2, n. 1, p. 83-95, 2018.

TIEZZI, D. Epidemiologia do câncer de mama. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 31, p. 213-215, 2009.

TOMIO, D. *et al.* As imagens no ensino de ciências: o que dizem os estudantes sobre elas? **Caderno pedagógico, Lajeado**, v. 10, n. 1, p. 25-40, 2013.

TORRES, P. L.; ALCANTARA, P. R.; IRALA, E. A. F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista diálogo educacional**, v. 4, n. 13, p. 1-17, 2004.

UOL. **Atriz consagrada ficou em choque com doença terminal: "Seis meses de vida"**. 04 de abril de 2023. Disponível em: <https://noticiasdatv.uol.com.br/noticia/celebridades/atriz-consagrada-ficou-em-choque-com-doenca-terminal-seis-meses-de-vida-100149>> Acesso em: 23 ago.2023.

VANEGAS, D. *et al.* Revisão: Fatores associados ao câncer colorretal. **Revista Médica de Risaralda**, v. 26, p. 68-77, 2020.