

A Genética de Dark: Uma Experiência no Ensino de Ciências por Investigação no Ensino Remoto Emergencial

The Genetics of Dark: An Inquiry Experience in Emergency Remote Education

ISSN 2177-8310
DOI: 10.18264/eadf.v11i2.1558

Larissa Tebaldi-Reis^{1*}
Gabriela Dias Bevilacqua^{2,4}
Robson Coutinho-Silva^{4,5}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – campus Duque de Caxias - Av. República do Paraguai, 120, Sarapuí - Duque de Caxias - RJ - Brasil.

*larissa.tebaldi@ifrj.edu.br

² Colégio Pedro II - Av. Marechal Floriano, 80 - Centro - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Av. Carlos Chagas Filho, 373 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

⁴ Espaço Ciência Viva, R. Pareto, 321 - Tijuca, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

⁵ IOC/FIOCRUZ, Av. Brasil, 4365 - Manginhos, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Resumo

Manter o engajamento dos estudantes nas atividades pedagógicas de ensino remoto é um grande desafio. O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) pode ser um caminho para superação dessas barreiras e para aquisição de competências importantes para o cidadão do século XXI. Assim, uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) de Genética foi criada a partir de uma série de ficção científica e aplicada numa turma de Ensino Médio de uma escola técnica. O trabalho investigou as contribuições da SEI para o engajamento e a promoção de competências, a partir de questionários de avaliação da SEI e do desenvolvimento de atividades em grupo e individuais. Os estudantes se dedicaram às atividades individuais, apresentando bom desempenho, apesar de a nota se referir apenas à sua entrega, evidenciando engajamento comportamental. Através de relatos, verificamos engajamento emocional nas atividades. Os estudantes construíram trabalhos autorais em grupo, com o uso da argumentação e aplicação dos conceitos biológicos de forma contextualizada. Ademais, a estratégia mostrou potencial para promover a aprendizagem de conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais, mostrando-se uma boa alternativa para o ensino remoto emergencial.

Palavras-chave: Metodologias ativas. Atividades Investigativas. Ensino remoto. Engajamento. Conteúdos de aprendizagem.



Recebido 09/07/2021
Aceito 04/11/2021
Publicado 05/11/2021

COMO CITAR ESTE ARTIGO

ABNT: TEBALDI-REIS, L.; BEVILACQUA, G. D.; COUTINHO-SILVA, R. A Genética de Dark: Uma Experiência no Ensino de Ciências por Investigação no Ensino Remoto Emergencial. *EaD em Foco*, v. 11, n. 2, e1558, 2021. doi: <https://doi.org/10.18264/eadf.v11i2.1558>

The Genetics of Dark: An Inquiry Experience in Emergency Remote Education

Abstract

Maintaining student engagement in remote learning pedagogical activities is a major challenge. The Inquiry can be a way to overcome these barriers and acquire important skills for the 21st century citizen. Thus, an Investigative Teaching Sequence (ITS) in Genetics was created from a series of science fiction, and applied to a high school class at a technical school. The work investigated ITS's contributions to the engagement and promotion of competences, based on ITS assessment questionnaires and the development of group and individual activities. Students dedicated themselves to individual activities, showing good performance, although the grade refers only to their delivery, showing behavioral engagement. Through reports, we verified emotional engagement in activities. The students built group works of authorship, using argumentation and applying biological concepts in a contextualized way. Furthermore, the strategy showed potential to promote the learning of conceptual, attitudinal and procedural contents, proving to be a good alternative for emergency remote teaching.

Keywords: Active methodologies. Investigative Activities. Remote teaching. Engagement. Learning content.

1. Introdução

O Brasil enfrenta grandes desafios na área do Ensino de Ciências, com claras evidências dadas a partir dos dados fornecidos pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, o PISA, que, em 2018, avaliou estudantes dos países participantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). No Brasil, apenas 1% dos estudantes atingiram o nível 5 ou 6 na prova, que são os melhores desempenhos. Conforme explica a OCDE, “esses estudantes conseguem aplicar de forma criativa e autônoma seus conhecimentos de e sobre Ciências em uma ampla variedade de situações, inclusive nas não familiares” (OCDE, 2019). Tais habilidades são tratadas no PISA como Letramento Científico, ou Alfabetização Científica (SASSERON; CARVALHO, 2011), e podem ser promovidas a partir do Ensino de Ciências por Investigação - EnCI (SCARPA; CAMPOS, 2018).

O EnCI ou *inquiry*, já é extensamente utilizado nos Estados Unidos e Europa. A recomendação da abordagem do EnCI para a educação científica americana se deu em 1938, por John Dewey, com o livro *Logic: The Theory of Inquiry* (ZOMPERO; LABURÚ, 2016). No Brasil, essa abordagem é recente, com pesquisas na área sendo identificadas a partir dos anos 2000, com intensificação das publicações a partir de 2014 (SILVA, 2020).

Para Carvalho (2018), o EnCI é:

o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: *pensarem*, levando em conta a estrutura do conhecimento; *falarem*, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; *lerem*, entendendo criticamente o conteúdo lido; e *escreverem*, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (p. 766).

O EnCI engloba três aspectos principais do construtivismo, a partir das ideias de Piaget e Vigotski: a consideração pelos conceitos prévios dos estudantes na construção de novos saberes, a importância das interações indivíduo-objeto de conhecimento para a aprendizagem e a necessidade de interações sociais na construção do conhecimento (SCARPA; CAMPOS, 2018). Essa abordagem didática contempla diversas metodologias ativas (SASSERON, 2015), cujos objetivos sejam promover investigação em sala de aula, tais como a Aprendizagem Baseada em Problemas, a Aprendizagem Baseada em Projetos, Sala de Aula Invertida, Instrução por Pares, entre outras (ZOMPERO; LABURÚ, 2016).

A partir de características gerais dos trabalhos sobre EnCI, encontrados em revisão de literatura por Pedaste *et al* (2015), construiu-se o *Inquiry-based learning framework*, traduzido por Scarpa e Campos (2018) como Ciclo Investigativo. Suas etapas visam ao engajamento dos estudantes ao seu aprendizado, apresentando o cenário do problema – fase de orientação; o levantamento dos conceitos prévios dos estudantes a partir da pergunta de investigação – fase de conceitualização; a exploração da situação-problema a partir de evidências e interpretação de dados – fase de investigação; e a argumentação na construção do parecer à pergunta de investigação – fase de conclusão. Esse ciclo pode se repetir diversas vezes a depender da complexidade da pergunta de investigação, e é entremeadado de discussões em pequenos grupos e intensa colaboração. Esses princípios concordam com Howland, Jonassen e Marra (2013), que defendem que a aprendizagem significativa com tecnologia precisa ter cinco características, que são inter-relacionadas, interdependentes e interativas: (1) ser ativa, através da manipulação ou observação de fenômenos permitindo a interpretação do mundo pelo estudante; (2) ser construtiva, pela reflexão e articulação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios dos estudantes para construção de novos modelos mentais; (3) ser intencional, direcionada a objetivos claros para os estudantes e que permita sua autorregulação; (4) ser autêntica, através da resolução de problemas inseridos na realidade e contextualizados; (5) ser cooperativa ou colaborativa, com os estudantes trabalhando em grupos e negociando entendimentos comuns.

Diversos trabalhos aplicados na Educação Básica têm demonstrado resultados promissores para a aprendizagem conceitual nessa abordagem, para o engajamento e para a promoção da argumentação (TEBALDI-REIS; BEVILACQUA; COUTINHO-SILVA, 2021). Porém, com o contexto pandêmico em que nos encontramos, professores e alunos precisaram se reinventar para se adequar ao ensino remoto emergencial. Entendemos que essa modalidade não é Educação a Distância e que os estudantes participantes não a escolheram. Assim, buscamos analisar a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) de Biologia no Ensino Médio de uma escola técnica no contexto do ensino remoto emergencial, e suas contribuições para o engajamento dos estudantes em seus estudos, e desenvolvimento de habilidades relevantes para o cidadão do século XXI, como a argumentação e trabalho em equipe.

2. Metodologia

A pesquisa é do tipo pesquisa-ação com a professora das turmas sendo uma das pesquisadoras. No contexto do ensino remoto, criamos uma SEI envolvendo os conteúdos de genética, fecundação e divisão celular relacionado com uma série de ficção científica. Utilizamos metodologias ativas relacionadas à Aprendizagem Baseada em Projetos e Sala de Aula Invertida. Ao final da SEI, os estudantes responderam a um questionário misto, com seis questões abertas e 15 questões fechadas, sendo 12 destas perguntas em escala Likert, avaliando diversos aspectos da sequência didática, tais como os materiais utilizados, as estratégias, os encontros síncronos, além da postura dos próprios estudantes diante da abordagem adotada. Para análise, neste artigo, nos debruçamos sobre quatro questões, sendo duas delas em escala Likert e duas questões abertas. As questões discursivas foram categorizadas segundo Bardin (2016). Combinados com esses resultados, analisamos a realização das atividades de sala de aula invertida e os materiais produzidos pelos estudantes ao final da SEI.

A SEI foi aplicada em duas turmas do 2º período do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, de forma remota. É im-

portante ressaltar que esses estudantes estão no 1º ano do Ensino Médio e que o conteúdo de genética é lecionado neste período, uma vez que, na matriz curricular do curso, as disciplinas de Biologia estão presentes até o 4º período. A primeira turma iniciou a SEI em janeiro de 2021, de forma remota, com 22 estudantes com idades entre 15 e 17 anos. Após a conclusão da SEI, os estudantes responderam a um questionário de avaliação da disciplina. A partir dos resultados dos estudantes, alterações foram realizadas na sequência, sendo essa turma configurada como teste-piloto.

A partir de março de 2021, no semestre letivo seguinte, a SEI foi reaplicada de forma remota com 27 alunos com idades entre 15 e 17 anos. Estes estudantes iniciaram o 1º período do curso de forma presencial e finalizaram com o ensino remoto emergencial, ou seja, eles já tiveram uma experiência no ensino remoto, mas não no ensino por investigação.

A plataforma de comunicação entre alunos e professores utilizada pela instituição de ensino foi o Google Sala de aula. Utilizamos o Google Formulário para levantamento das respostas dos estudantes às atividades assíncronas, o *Google Meet* para os encontros síncronos, o *Microsoft Sway* para produção de material de consulta e Google Apresentações para construção de heredogramas. O aplicativo *Whatsapp* foi utilizado como canal de dúvidas entre estudante e professor e compartilhamento de ideias entre estudantes no grupo de Biologia da turma.

A contextualização da pergunta de investigação se deu a partir da série *Dark*, original da Netflix, com três temporadas (2017-2020). A série mostra os resultados de viagens no tempo e os entrelaçamentos temporais resultantes de tais viagens. Em Biologia, o interesse está nos desdobramentos genéticos dessas viagens no tempo, uma vez que os personagens viajantes têm filhos em outras épocas, podendo ser ancestrais de si mesmos. Assim, definimos a pergunta de investigação a ser respondida ao final da SEI: “Os princípios de genética são respeitados na série *Dark*?”.

Semanalmente, havia atividades assíncronas individuais ou em grupo e encontros síncronos para dúvidas, discussões em grupo e apresentações. Os encontros síncronos duravam em média uma hora, podendo se estender por mais trinta minutos. Em diversas atividades, foi utilizada a técnica de instrução de sala de aula invertida, descrita por Lo e Hew (2017) como uma pedagogia com suporte de tecnologia que consiste em dois componentes: instrução individual direta baseada em computador fora da sala de aula por meio de aulas em vídeo ou áudios e atividades de aprendizagem em grupo interativas dentro da sala de aula.

Para a realização de atividades individuais nas aulas assíncronas, os estudantes receberam material produzido nas formas de vídeos, textos e imagens e responderam ao questionário sobre o conteúdo abordado. As respostas foram corrigidas e, em seguida, nos encontros síncronos, os conceitos foram debatidos e sistematizados com a professora e os colegas. Para as atividades em grupo, as orientações foram passadas de forma assíncrona e eles produziram colaborativamente os materiais que foram apresentados para os colegas e discutidos nos encontros síncronos.

2.1. Detalhamento das Atividades

A SEI apresentada possui os eixos norteadores para sequências de ensino de Biologia investigativo de Trivelato e Tonidandel (2015). A saber: a) questão-problema capaz de engajar os estudantes; b) a formulação de hipóteses pelos alunos que permite ao professor o levantamento dos conceitos prévios dos alunos; c) a aquisição de dados, sejam eles por experimentação, sejam por levantamentos qualitativos e observações; d) discussão em pequenos grupos e resultados expressos de forma escrita; e) argumentação baseada em evidências e nos conceitos teóricos da área das ciências biológicas.

Abertura: Etapa de orientação, conceitualização e levantamento de hipóteses. Os alunos foram apresentados à série *Dark* em encontro síncrono, buscando gerar engajamento. A pergunta de investigação foi apresentada “os princípios da genética são respeitados na série *Dark*?” e foi proposta a SEI: construir um

material de divulgação científica atraente para o público jovem. Os alunos podiam escolher entre montar um vídeo ou *podcast*, com duração de 10 minutos. Os alunos foram divididos em grupos de quatro a seis alunos com, pelo menos, um aluno que assistiu a Dark, atuando como “consultor da série”. Dessa forma, as dúvidas sobre os personagens e alguns acontecimentos da série poderiam ser esclarecidas por este “aluno consultor”. Isso permitiria a construção das etapas seguintes.

Os estudantes responderam individualmente a um formulário que apresentava um dos paradoxos de Dark para que os aprendizes construíssem hipóteses que pudessem responder à pergunta baseados no que eles sabiam sobre herança passada de pais para filhos. Essa etapa permitiu fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos aprendizes sobre genética.

I. Aproximação com a situação-problema: Montagem das árvores genealógicas das famílias da série. Para essa construção, em grupo, foram disponibilizados alguns *sites* que continham as árvores genealógicas. Em seguida, eles precisavam identificar os problemas (paradoxos) que ocorriam devido à viagem no tempo, como, por exemplo, a personagem Charlotte ser neta dela mesma. Com a entrega da atividade, o encontro síncrono buscou o compartilhamento e discussão de todos os problemas encontrados nas árvores genealógicas.

II. Aplicação de heredogramas - relacionando parentescos: A partir das árvores genealógicas construídas previamente, os estudantes construíram heredogramas, de modo assíncrono em grupo, para determinar o grau de parentesco entre cinco pares de personagens (alguns, a princípio, sem parentesco). Essa etapa foi realizada no Google apresentações de forma colaborativa. Como material de apoio, os alunos receberam um vídeo de construção de heredogramas e um resumo de suas simbologias. Na preparação, dúvidas que surgiram foram tiradas através do *Whatsapp*. Os heredogramas foram apresentados no encontro síncrono e discutidos. Nessa etapa, os estudantes precisaram aplicar conceitos simples na situação-problema de maneira autônoma.

III. Compreensão de conceitos - fertilização e divisão celular: Os aprendizes receberam um vídeo informativo sobre o tema fertilização e material genético contendo os principais termos envolvidos. Eles preencheram um questionário definindo os termos com suas próprias palavras. Em seguida, os estudantes exploraram um material produzido no *Microsoft Sway* com textos, imagens e vídeos sobre divisão celular e, em seguida, responderam a perguntas que foram corrigidas e discutidas posteriormente no encontro síncrono. Esses materiais foram trabalhados com o intuito de trazer informações relevantes para a compreensão da Primeira Lei de Mendel. A vinculação de notas à atividade foi de cunho formativo e não somativo, permitindo que o estudante refletisse sobre seus erros nos encontros síncronos.

IV. Compreensão dos conceitos - Genética: A genética de Mendel foi apresentada antecipadamente na forma de material em PDF e o encontro síncrono foi utilizado para integração dos conceitos de formação de gametas com a fertilização e a Primeira Lei de Mendel. Esse foi o único encontro síncrono em que houve uma aula expositiva de uma hora, mesmo após o envio dos materiais. O objetivo dessa etapa foi consolidar os termos e conceitos trabalhados de modo assíncrono. Após o encontro síncrono, os alunos fizeram algumas questões conceituais de genética e exercícios de aplicação dos conceitos.

V. Criação de roteiros: Nessa etapa, os grupos de alunos escreveram a narração do vídeo ou *podcast* a ser construído na última atividade. Para isso, eles precisaram desenvolver respostas coerentes às perguntas mais específicas da série, tais como: “Como é possível que Peter e Charlotte, sendo ouvintes, tenham a filha Elisabeth surda?” ou “Como os genes podem ser passados a cada geração permitindo que Ulrich seja idêntico ao seu trisavô (uma vez que ambos são a mesma pessoa)?”.

O texto foi corrigido pela professora para que os alunos construíssem a versão final da narração. Essa etapa visou estimular a argumentação dos estudantes, com explicações e justificativas para os fenômenos observados, a partir dos conceitos trabalhados anteriormente.

VI. Criação de material de divulgação: Os aprendizes montaram, em grupo, *podcasts* ou vídeos apresentando a série, levantando algumas perguntas de investigação específicas e respondendo a essas questões com os princípios de genética, meiose e fecundação. No encontro síncrono, os estudantes apresentaram suas produções, compartilhando o conhecimento construído.

Após a aplicação da SEI, os estudantes foram convidados a responder a um questionário de avaliação da sequência, de forma anônima, através de formulário eletrônico.

3. Resultados e Discussão

3.1 Teste-piloto

No teste-piloto, nove estudantes responderam ao questionário de avaliação da Sequência. A partir de suas respostas, a SEI foi aprimorada. Sete dos nove estudantes responderam ter uma dedicação alta ou muito alta à disciplina, porém oito deles tiveram a percepção de que a aprendizagem em Biologia foi razoável, ou seja, um resultado de percepção de aprendizagem menor do que a dedicação à disciplina como um todo (Figura 1).

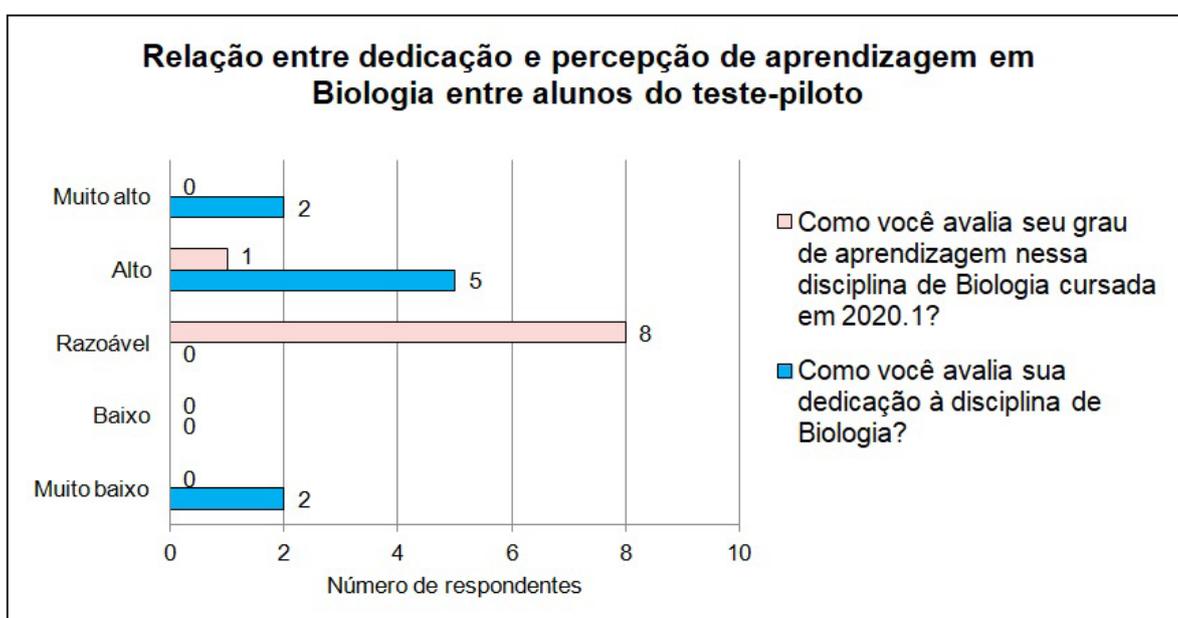


Figura 1: Relação entre dedicação e percepção de aprendizagem em Biologia dos respondentes participantes do teste-piloto.

Fonte: autores

A hipótese para esse resultado seria a inadequação das atividades investigativas em relação à autonomia dos alunos, com atividades muito abertas para estudantes que não conheciam o ensino por investigação. Para Deboer (2007), se as atividades forem orientadas pelo professor com muita prescrição nos métodos a serem utilizados, as atividades podem não levar a um desejo genuíno por parte dos alunos de descobrir algo, assim o engajamento dos estudantes na investigação pode ser prejudicado. Por outro lado, se o ensino for muito aberto, existe a possibilidade de os alunos se perderem nas investigações e aprenderem pouco. Desta forma, cada turma terá um nível de abertura maior ou menor a depender da autonomia dos estudantes. Carvalho (2018) estruturou essa abertura das atividades a partir de graus de liberdade intelectual, que estão diretamente ligados à ação de criar condições em sala de aula para que o estudante possa participar sem medo de errar. Carvalho (2018) caracterizou cinco graus de liberdade distintos (Quadro 1).

Quadro 1: Graus de liberdade intelectual oferecido pelo professor (P) a seus alunos (A) em sala de aula. O quadro mostra quem toma as decisões referentes a cada etapa das atividades práticas.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

No grau 1, temos o menor grau de liberdade dos alunos, sendo responsáveis pelas decisões apenas no âmbito da coleta de dados. Quanto maior o grau de liberdade, mais o estudante precisa apresentar autonomia na tomada de decisão para escolher o problema de investigação, para levantar hipóteses, para traçar diretrizes de plano de trabalho e obtenção de dados. O grau 5, maior grau de liberdade, raramente é alcançado em turmas de ensino básico, sendo às vezes encontrado em feiras de ciências (CARVALHO, 2018. p. 768). O teste-piloto estava caracterizado como grau 4, de forma que o plano de trabalho era realizado pelo aluno. Nessa primeira versão, as atividades III e IV sobre lembrar e entender não estavam inseridas de forma sistematizada, sendo os estudantes responsáveis por buscar suas fontes de informação. Assim, as atividades de sala de aula invertida foram acrescentadas, tornando a SEI em grau 3 de liberdade, onde o plano de trabalho é idealizado pelo aluno e professor conforme o Quadro 1.

Após a aplicação da SEI na segunda turma, 18 estudantes responderam ao questionário de avaliação e houve uma relação positiva entre a dedicação e a percepção de aprendizagem dos discentes, com 14 respostas que avaliam seu grau de aprendizagem entre alto e muito alto, e 13 que avaliam sua dedicação nos mesmos níveis (Figura 2).

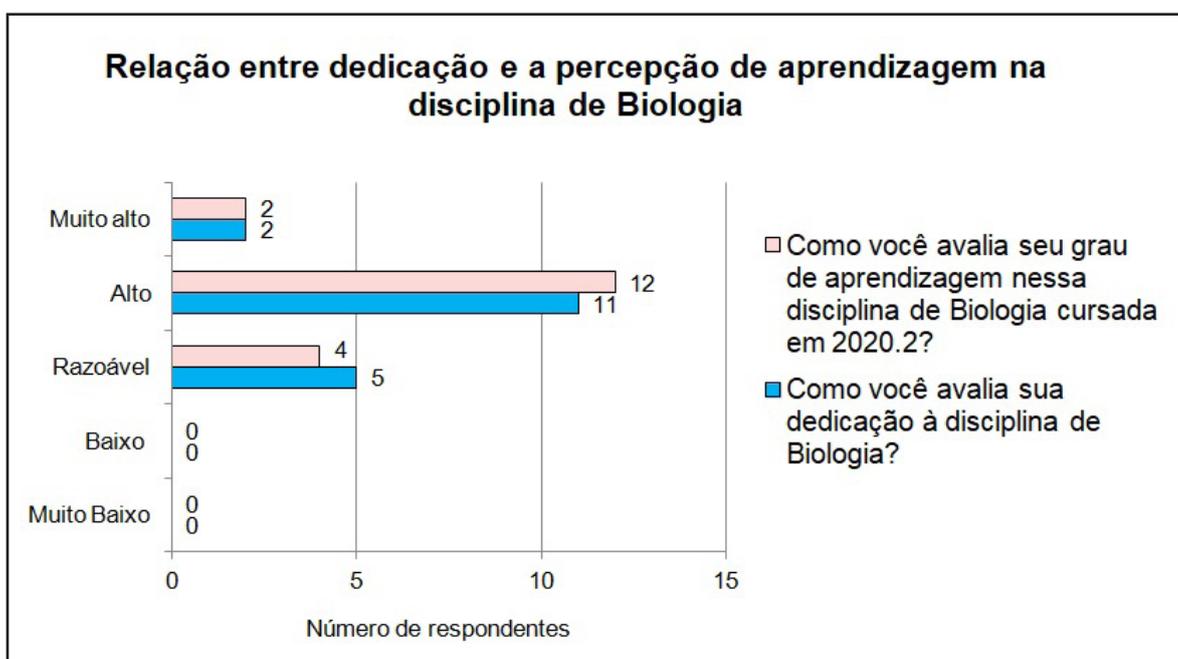


Figura 2: Relação entre dedicação e percepção de aprendizagem em Biologia dos respondentes participantes da SEI.

Fonte: autores

Assim, verificamos que aumentando a sistematização dos métodos utilizados pelos estudantes, que não têm experiência no ensino investigativo, a dedicação pode ser adequada e a percepção de aprendizagem condizente com o esforço demandado. A mudança entre teste-piloto e aplicação corrobora com o trabalho de Deboer (2007), que mostra que estudantes iniciantes no EnCI precisam de atividades mais diretas para que eles não se sintam perdidos e desmotivados.

3.2. Avaliação da SEI pelos estudantes

As respostas discursivas sobre os pontos positivos e negativos da SEI estão mostrados nas tabelas 1 e 2 consecutivamente. Dezoito estudantes responderam de forma voluntária e anônima ao questionário de avaliação. Esses estudantes correspondem a dois terços do total de alunos participantes da abordagem, sendo uma limitação desses resultados. Assim, é importante considerarmos que outros pontos de vista poderiam estar relacionados aqui, porém essa ausência não invalida a análise.

Tabela 1: Categorização das respostas sobre pontos positivos da SEI. Total de 18 respondentes. A soma das respostas pode ser maior que o total de respondentes, uma vez que algumas respostas foram desmembradas em mais de uma categoria. Não houve resposta em branco.

Pergunta: O que você considera como PONTO POSITIVO das atividades sobre a genética de Dark?		
Categorias	Número de respostas	Exemplo de resposta transcrita
Aplicação dos conhecimentos na série	9	Foi possível aplicar os conceitos de genética na série – A08.
Trabalho em equipe	8	A parte de ter que trabalhar em equipe, assim a gente junta as ideias e consegue aprender com os colegas – A12.
Aprendizagem de conceitos	4	Os aprendizados sobre genética – A14.
Interesse intrínseco por genética	1	A matéria genética é muito interessante, a gente fica super curioso – A03.
Habilidade de pesquisar	1	Saber pesquisar bem – A07.

Quando perguntados sobre os pontos positivos da SEI, nove dos 18 respondentes relataram que o uso de conteúdo da cultura pop tornou a matéria mais interessante através da aplicação nos conceitos na prática, trazendo à discussão a importância dos saberes, construídos em sala de aula, conversarem com as vivências dos estudantes para a promoção do engajamento. Esses resultados corroboram com o principal objetivo da fase de orientação do ciclo investigativo de Pedaste *et al* (2015), que se concentra em estimular a curiosidade dos estudantes em relação a um problema. Para Carvalho (2013), baseada em Bachelard, todo o conhecimento é resposta a uma questão e para ser uma questão aos alunos, precisa se inserir em sua cultura.

Houve oito relatos sobre trabalho em equipe. Esses relatos são corroborados pela resposta afirmativa de todos os respondentes à pergunta objetiva “Você conseguiu participar efetivamente da sua equipe para fazer o material final de Dark?”. Esses resultados estão de acordo com Scarpa e Campos (2018), que consideram colaboração e a argumentação em grupo fundamentais ao EnCI. A promoção dessa interação acaba sendo um grande desafio no ensino remoto, que buscamos superar através de construção de documentos e apresentações de forma colaborativa assíncrona, como o *Google Docs* e *Google Apresentações*, além da criação dos vídeos e *podcasts* em grupo.

A terceira categoria mais relatada foi aprendizagem de conceitos, com quatro respostas. Além das respostas diretamente dadas sobre a aprendizagem, a primeira categoria, ‘aplicação dos conhecimentos na

série', também se relaciona à aprendizagem de conceitos, uma vez que 'aplicar' é uma dimensão superior à dimensão do processo cognitivo 'entender', segundo a taxonomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002).

Tabela 2: Categorização dos pontos negativos da SEI. Total de 15 respondentes, uma vez que três estudantes declararam não haver pontos negativos. Não houve resposta em branco.

O que você considera como PONTO NEGATIVO das atividades sobre a genética de Dark?		
Categorias	Número de respostas	Exemplo de resposta transcrita
Dificuldade com a complexidade da série para aplicação dos conceitos	6	Dark é meio confuso por conta das viagens no tempo e universos paralelos, então achei um pouco complexo realizar as árvores genealógicas e o heredograma - A04.
Dificuldades relacionadas com edição de áudio ou vídeo	3	Fazer o vídeo foi difícil, ainda mais por ser EAD - A09
Dificuldades de se expressar - timidez	3	A parte de falar sobre o assunto, no caso o vídeo/podcast. Eu particularmente tenho vergonha de falar, contudo achei criativo -A12.
Dificuldades relacionadas à autorregulação da aprendizagem	2	Foi muito trabalhoso devido ao contexto da pandemia, em que não consigo ter uma rotina certa para estudos e para realizar as atividades, tornando tudo um pouco mais difícil - A18.
Não viu sentido em aplicar os conceitos numa série improvável	1	O que acontece na série seria improvável se acontecer na realidade, então muitas coisas desnecessárias para se encaixar uma na outra a toa - A06.

Zabala (1998) divide os conteúdos de aprendizagem em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Cada conteúdo respectivamente responde às perguntas: "o que se deve saber?", "o que se deve saber fazer?" e "o que se deve ser?". Os relatos mais abundantes (6 respostas) eram sobre conseguir aplicar os conhecimentos sobre heredograma na série, não pela complexidade da construção do diagrama, mas pela dificuldade de encontrar as linhagens entre os personagens solicitados pela professora. Aplicar os conhecimentos nessa nova situação foi desafiador, por estarmos falando de universos paralelos e viagens no tempo. Nesse processo, os alunos entraram em contato com a professora pelo *Whatsapp* diversas vezes para tirar dúvidas. Mesmo com o relato da dificuldade, os grupos, de forma geral, encontraram os graus de parentesco entre os personagens de forma adequada e utilizando a notação de heredograma de forma correta. Sob esse prisma, a série tem o lado positivo de ser instigante para muitos alunos, por ser um desafio fazer o exercício mental de imaginar a situação imposta na série, mas ao mesmo tempo pode não engajar alguns alunos por ser improvável - conforme o relato do aluno A06 (tabela 2).

Outra dificuldade relatada por três estudantes está relacionada aos conteúdos procedimentais para a construção de material audiovisual - Produção de vídeos e *podcasts*. Os conteúdos procedimentais são "as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias, os procedimentos, ou seja, é um conjunto de ações ordenadas dirigidas para a realização de um objetivo" (ZABALA, 1998. p.43). Os estudantes foram deixados livres para escolher as técnicas e estratégias para a produção do material. Na situação em que eles não se encontram presencialmente para gravar vídeos, a edição e estruturação se tornou um pouco mais complexa, com os estudantes pedindo ajuda para enviar parte do vídeo para outros componentes do grupo. Esse processo de intensa aprendizagem de técnicas e estratégias é uma das habilidades requeridas nas competências cognitivas para o cidadão do século XXI (NRC, 2013, p. 32) e deve ser aprimorado ao longo de todo o processo de ensino-aprendizagem.

Para Zabala (1998), conteúdos atitudinais são formados por valores, atitudes e normas. Nesse componente, verificamos a 'dificuldade de se expressar' apontada como ponto negativo por três respondentes que se consideram tímidos.

“Ponto negativo/positivo: Eu sou bem tímido e também tenho língua presa, então fiquei com vergonha de falar, mas como é necessário, ficou inevitável, aí é bom que serve pra eu perder essa vergonha, porque a vida adulta está chegando e não posso continuar assim, tenho que me adaptar à isso, então obg professora” – A05.

“A parte de falar sobre o assunto, no caso o vídeo/podcast. Eu particularmente tenho vergonha de falar, contudo achei criativo” – A12.

“Por eu ser tímido e meu grupo em geral não ser, foi uma tarefa muito complicada gravar o vídeo também (o que não é um ponto negativo, pois tenho que trabalhar melhor essa timidez, mas isso causou um mal-estar e um pouco de ansiedade)” – A18.

Os estudantes evidenciaram sua dificuldade com a timidez, mas entenderam que o processo de se expressar é importante. Eles apresentaram valores como a responsabilidade e as atitudes de ajudar o grupo, mesmo sendo difícil para eles. A aprendizagem de conteúdos atitudinais requer “uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação” (ZABALA, 1998. p.48), o que foi identificado nestes estudantes.

Os pontos negativos levantados pelos estudantes evidenciaram dificuldades e relatos de superação em âmbitos distintos do conteúdo conceitual. Verificou-se que, além dos conteúdos conceituais, foram trabalhados conteúdos procedimentais e atitudinais, mesmo sendo uma sequência aplicada no modelo de ensino remoto emergencial.

3.4. Potencial da SEI para ensino de genética

A avaliação dos estudantes na SEI foi feita a cada atividade, com feedback da professora às questões propostas de modo assíncrono, com as discussões dos erros nos encontros síncronos – modelo de sala de aula invertida. A nota foi referente à entrega das respostas dentro do prazo. Quanto à produção do roteiro, eles precisaram seguir as diretrizes propostas no trabalho e o roteiro foi corrigido pela professora. Sugestões foram dadas aos grupos, conforme defende Lopes, Silva Filho e Alves (2019):

A avaliação se dá de maneira formativa ao longo de todo o ciclo de aprendizagem, permitindo o acompanhamento de todo processo de construção de conhecimento por parte dos aprendizes, acompanhando o progresso deles. (LOPES; SILVA FILHO; ALVES, 2019. p.65)

Os três questionários individuais de sala de aula invertida, contidos nas atividades III e IV, tiveram uma média de 95% de entrega das respostas, com média de acertos de 76% (Tabela 3).

Tabela 3: Retorno e acertos nas atividades individuais de sala de aula invertida. Resultados de todos os 27 estudantes da turma.

Atividades individuais	Trabalhos feitos		Média de acertos
	Valor absoluto	Percentual	
Fecundação	27	100%	79%
Divisão celular	25	93%	71%
1ª lei de Mendel	25	93%	77%
Total	25,7	95%	76%

Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) definem o engajamento de três maneiras. O engajamento comportamental baseia-se na ideia de participação de atividades acadêmicas. O engajamento emocional abrange reações positivas e negativas a professores e colegas de classe. E, por último, o engajamento cognitivo baseia-se na ideia de investimento e incorpora consideração e vontade de exercer o esforço necessário para compreender ideias complexas e dominar habilidades difíceis.

Em revisão sobre o conceito, Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) chegam a três definições de engajamento comportamental: a primeira delas é referente à “conduta positiva, como seguir as regras e aderir às normas da sala de aula, bem como a ausência de comportamentos perturbadores” (p.62). A partir da alta taxa de entrega das atividades de sala de aula invertida e da realização das atividades em grupo, podemos inferir que os estudantes apresentaram alto engajamento comportamental. O que chama a atenção é que, apesar de a nota ser referente apenas à entrega, é possível observar o empenho em realizar as atividades de forma adequada, como mostra a média de acertos em 76%. Esse resultado corrobora com a segunda definição de engajamento comportamental, que “diz respeito ao envolvimento na aprendizagem e em tarefas acadêmicas, e inclui comportamentos como esforço, persistência, concentração e atenção” (p. 62). O esforço é uma palavra que aparece também nas definições de engajamento cognitivo, porém está relacionada à preferência por desafios e à autorregulação da aprendizagem e estratégias metacognitivas utilizadas pelos estudantes. Esse não foi o foco da nossa pesquisa, mas encontramos evidências de engajamento cognitivo entre alguns alunos, que fizeram perguntas além do conteúdo e discutiram novos conceitos com a professora a partir das atividades propostas através do canal de comunicação *Whatsapp*.

Os estudantes produziram três vídeos e três *podcasts* que foram avaliados por rubricas, conforme princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos. Segundo Bender (2014), “rubrica é um procedimento que lista critérios específicos para o desempenho dos alunos e descreve diferentes níveis de desempenho para esses critérios” (p. 133). Foram utilizados três critérios: Clareza, Apresentação e Conceitos, com o último critério tendo peso dois em relação aos demais.

Os estudantes conheciam previamente as rubricas de avaliação, e seus roteiros passaram por correção conforme explicitado anteriormente. Os materiais foram apresentados no encontro síncrono e as possíveis incongruências foram trabalhadas logo após cada apresentação. As avaliações de forma geral foram boas, exceto por um grupo que alcançou apenas 30% da nota. Seu *podcast* não cumpria os requisitos determinados nas diretrizes de confecção do trabalho. Ao analisarmos o caminho trilhado pelo grupo, vimos que houve a criação do roteiro, porém ainda muito aquém da proposta, ficando claro o baixo engajamento desses participantes na tarefa. Esse grupo, de três alunas, fazia parte de um grupo maior, com seis participantes, porém o grupo se dividiu com a alegação de pouco empenho delas. Vale ressaltar que, apesar da nota baixa no *podcast* e nos trabalhos em grupo, as três realizaram todas as atividades individuais com boas notas revelando uma resistência aos trabalhos em grupo propostos. Esses resultados corroboram com Faria e Vaz (2019), que verificaram que o engajamento pode ser comprometido quando não há colaboração entre os indivíduos do grupo. Porém, esse resultado não reflete o trabalho com todos os alunos, uma vez que, nos outros cinco grupos, os trabalhos apresentaram boas notas, com os estudantes trabalhando efetivamente nas atividades colaborativas, conforme foi possível verificar na construção dos roteiros pelo documento compartilhado do *Google*. Além disso, nas declarações anteriormente apresentadas pelos estudantes, podemos verificar que a colaboração nos grupos foi positiva para muitos deles, aproximando-os, nesse contexto pandêmico e podendo ser um potencializador do engajamento emocional.

Os vídeos e *podcasts* que foram bem avaliados tiveram como principais questões de investigação a impossibilidade de uma pessoa ser idêntica à sua avó materna (caso de Charlotte e Elizabeth), levando à construção do argumento por justificativas relacionadas à aleatoriedade da formação dos gametas, pela permutação e segregação independente dos pares homólogos na meiose. Outra questão abordada estava relacionada à surdez de uma das personagens (Elizabeth). A argumentação levou em conta a Primeira Lei de Mendel, com a discussão sobre os tipos de surdez hereditária e com justificativas relacionadas à

recessividade da surdez da personagem. Esses materiais mostram a aplicação dos conceitos de genética em outro contexto e o uso da argumentação em sala de aula, um princípio básico do EnCI. Dessa forma, os estudantes não estão aprendendo apenas os conceitos científicos, mas estão vivenciando como a ciência é construída a partir de evidências e defesa de argumentos. Além disso, os estudantes apresentaram trabalhos autorais no mais alto patamar do processo cognitivo da taxonomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002).

Considerações finais

Neste momento de pandemia, estar engajado nas atividades escolares pode significar a não-evasão escolar (FREDRICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004). Tivemos evidências de que a sequência foi capaz de gerar engajamento emocional, por meio dos relatos positivos. E também comportamental, por meio do empenho na realização das atividades individuais de forma satisfatória, apesar de a nota se referir à entrega dessas atividades.

Alunos pouco familiarizados com o ensino investigativo precisam de atividades mais diretivas. Assim, o grau de autonomia do aluno é um fator importante que precisa ser levado em consideração pelo professor ao escolher e aplicar atividades de cunho investigativo em sala de aula, conforme mostrado no teste-piloto deste trabalho.

As vantagens da variedade de estratégias foram evidenciadas no trabalho, intercalando atividades individuais e em equipe para contemplar todos os alunos, como no caso das estudantes que não se engajaram com os trabalhos em grupo, mas que se saíram muito bem nas atividades individuais.

A SEI mostrou potencial para promoção da aprendizagem dos três tipos de conteúdos: procedimental, através do uso de tecnologias para produção de vídeos e podcasts; atitudinal, por meio dos trabalhos em grupo; conceitual, pela aplicação dos princípios de genética em outro contexto. Além disso, promoveu o trabalho autoral dos estudantes, o uso da argumentação e a extrapolação dos conhecimentos para além da sala de aula, noutras situações não convencionais. Estes são alguns dos objetivos da aprendizagem significativa com tecnologias (HOWLAND; JONASSEN; MARRA, 2013) para a formação de cidadãos do século XXI.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação diferenciada para o Século XXI**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.
- CARVALHO, A. M. P. DE. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. DE. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.
- DEBOER, G. E. Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools. In: **Scientific Inquiry and Nature of Science**. [s.l: s.n.]. p. 17–35, 2007.
- FARIA, A. F.; VAZ, A. M. Engajamento de estudantes em investigação escolar sobre circuitos elétricos simples. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 21, p. 1–28, 2019.
- FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. **Review of Educational Research**, v. 74, n. 1, p. 59–109, 2004.

- HOWLAND, J. L.; JONASSEN, D. H.; MARRA, R. M. **Meaningful learning with technology**. Pearson New International Edition. Pearson Higher, 2013.
- KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **Theory Into Practice**, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002.
- LO, C. K.; HEW, K. F. A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: possible solutions and recommendations for future research. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, v. 12, n. 1, 2017.
- LOPES, R. M.; SILVA FILHO, M. V.; ALVES, N. G. (ORG). **Aprendizagem baseada em problemas : fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores**. 1. ed. Rio de Janeiro: Publiki, 2019. v. 1
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century**. Washington, DC: National Academies Press, 2013.
- OCDE. **Brazil - Country Note - PISA 2018 Results World Population Policies 2015**, 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_BRA.pdf>
- PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47–61, 2015.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 49–67, 2015.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25–42, 2018.
- SILVA, A. C. Ensino de Ciências por investigação: um levantamento em periódicos da área. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 6, p. 306–329, 2020.
- TEBALDI-REIS, L.; BEVILACQUA, G. D.; COUTINHO-SILVA, R. Ensino de Ciências por investigação: contribuições de artigos de bases de dados abertas para a práxis docente. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 3, p. 1–23, 2021.
- TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 97–114, 2015.
- ZABALA, A. **A prática educativa - Como ensinar**. 1. ed. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. **Atividades Investigativas para aulas de Ciências: um diálogo com a teoria da Aprendizagem Significativa**. 1. Ed. Curitiba: Appris, 2016.