

Educação científica e popularização da ciência: o ensino por investigação como abordagem didática

Camila Reis dos Santos*, Attico Inacio Chassot**, Viviana Borges Corte***

Resumo:

Conhecimento sempre foi estratégia de poder, orientando o desenvolvimento das sociedades, economias, culturas e indivíduos. A análise da historicidade da ciência revela uma de suas tônicas mais relevantes: a postura lógico-experimental, responsável pelas tecnologias mais recentes e marcantes da história eurocêntrica. Entretanto, a autoridade indiscutível do conhecimento científico trai sua própria origem quando aniquila a autocrítica, uma herança que ressoa da ciência universal, absoluta e imutável. Nesse ínterim, o ensino de Ciências carrega os aspectos que reverberam a própria historicidade científica. Não são raras as queixas de estudantes da Educação Básica de que aprender Ciências significa “decorar palavras difíceis”. À vista disso, esta pesquisa objetivou a proposição de atividade investigativa, por meio do intercâmbio entre academia e escola, visando a popularização da ciência. O percurso metodológico incorreu em pesquisa qualitativa, calcada em estudo exploratório, com proposição de intervenção pedagógica. Foi desenvolvida uma sequência de ensino investigativa (SEI) com 70 alunos no Ensino Médio de uma escola pública. A SEI aplicada foi orientada pelas três etapas-chave previstas por Carvalho (2013): problematização; sistematização e contextualização do conhecimento. Por intermédio do estudo proposto, postula-se que o ensino investigativo, enquanto abordagem didática, ampliou o repertório científico dos estudantes participantes e de seu método, por meio do qual puderam testar e descobrir a influência negativa de ambientes salinos no desenvolvimento dos vegetais. Nesse sentido, advogamos uma proposta de ensino dialética, pautada na fusão entre: investigação, alfabetização e educação científica, condições indispensáveis à popularização da ciência e ingresso na sociedade intensiva do conhecimento.

Palavras-Chave: Alfabetização científica; popularização; SEI.

* Doctor in Vegetal Biology by the Universidade Federal do Espírito Santo. Teacher in the State Secretariat of Education of Espírito Santo, Brazil. E-mail: camiletsreis@yahoo.com.br

** Post-doc in Human Science by the Universidad Complutense de Madrid, UCM, Spain. Retired full Professor from the Chemistry Institute of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil. E-mail: achassot@gmail.com

*** Post-doc in Science Education by the University of Cape Town, UCT, South Africa. Professor of the Biological Science Department of the Universidade Federal do Espírito Santo and full professor of the Professional Masters Program in Biology teaching, Brazil. E-mail: viviana.borges@gmail.com

Recebido em: 06/01/2020 – Aceito em: 25/05/2020.

<https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i2.10452>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Introdução

A historicidade da ciência revela atributo marcante de sua identidade: a perspectiva lógico-experimental, que fomentou a difusão das tecnologias vigentes herdadas da história eurocêntrica.

Entretanto, a supremacia do conhecimento científico questiona sua própria origem quando invalida a autocrítica. A ideia de uma ciência universal, absoluta e imutável, ainda ressoa sobre contextos e indivíduos. Nesse sentido, conhecimento torna-se artimanha de exercício de poder, conduzindo o desenvolvimento das comunidades humanas em seus aspectos culturais e econômicos. O conhecimento recoloca-se ora como estratégia dos donos do poder para manutenção de seus submissos, ora como revide daqueles que decidem se emancipar dos dominadores (DEMO, 2013).

É quase usual que o ensino de Ciências e Biologia carregue os aspectos que reverberam a própria historicidade científica. São conhecidas as queixas de estudantes da Educação Básica de que aprender Ciências se resume a “decorar palavras difíceis”.

A inserção da Educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), nos currículos de Ciências, ao final da década de 1970, no Brasil, representa uma tentativa de ressignificar a “imagem manchada” de uma ciência puramente positivista, fechada, de conteúdos prontos e acabados, para o alcance de sua afirmação social e de seu caráter formativo (CARVALHO et al., 2012).

A própria globalização trouxe para a educação seus devidos efeitos, caracterizados pela inversão do fluxo de informações: se antes, da escola para a sociedade, agora o mundo exterior adentra a escola (CHASSOT, 2006). Ainda que de forma não intencional, alunos são expostos cotidianamente a diferentes outras formas de informação científica no universo fora da escola - são múltiplas as entradas do mundo exterior na sala de aula - (ALBAGLI, 1996; CHASSOT, 2006).

Isso posto, uma ciência monopolista, restrita a um grupo seleto de quase iniciados, não legitima mais seu papel sociocultural perante os grupos e comunidades humanas. A socialização do conhecimento pela academia tornou-se uma condição *sine qua non* para a cidadania da informação científica.

Seguindo as exigências dessa nova era informativa, a educação científica coloca-se como um dos pilares para ampliação do exercício da cidadania, em consonância com os pressupostos da tão almejada alfabetização científica. A reestruturação didática torna-se, nesse contexto, uma realidade urgente e necessária, e o ensino

por investigação converge para essa nova ótica científica socialmente relevante e inteligível aos diversos contextos educativos.

A realidade de muitas escolas públicas brasileiras reflete um número considerável de alunos provenientes de classes economicamente desfavorecidas, em que as próprias circunstâncias de seus contextos sociais desvalorizam o estudo como ferramenta de melhores perspectivas futuras. Nesse sentido, esta pesquisa objetivou a proposição de atividade investigativa, por meio do intercâmbio entre academia e escola, visando a popularização da ciência. Os objetivos ampliam-se para aspectos específicos, tais como: conduzir um estudo investigativo com alunos sobre germinação de espécies cultivadas em situações ambientais adversas; refletir sobre a influência dos impactos ambientais no desenvolvimento das plantas, e os riscos consequentes para a saúde e para a subsistência humana; desenvolver um trabalho interdisciplinar sobre o tema proposto visando compreender fenômenos e métodos científicos por meio de uma leitura contextualizada das dimensões socioculturais das comunidades humanas.

É senso comum que muitos discentes não se “veem” ou desconhecem aquilo que é “produzido” na universidade, justificando o mérito de que pesquisas científicas ampliem seus benefícios pleiteados para além dos prédios acadêmicos. A saber: no palco da educação vigente, até que ponto o conhecimento científico tem cumprido seu exercício educativo? De que forma a divulgação científica ocorre nos contextos escolares da Educação Básica? A veiculação da informação científica tem sido uma ferramenta potente que instrumentaliza e auxilia os sujeitos em formação? Ela tem auxiliado os sujeitos a realizarem uma leitura crítica e criativa sobre o desenvolvimento tecnológico das sociedades humanas?

Em suma, o movimento aqui proposto, para além de uma simples (des) adjetivação da ciência - ainda que não se possa ignorar seu caráter soberbo e repleto de conveniências – busca conjugar a relevância canônica de seu método com a cidadania colaborativa que deva ser sua propriedade intrínseca.

Alfabetização científica e ensino por investigação: tessituras possíveis para se educar cientificamente

Sobre os principais debates que incidem sobre o Ensino de Ciências no contexto da Educação Básica, talvez estejam os desafios de se educar cientificamente ou, em outras palavras, como se pode educar pesquisando?

As propostas de alfabetização científica estão intrinsecamente relacionadas com os currículos de Ciências que têm seguido a tendência da abordagem interdisciplinar inter-relacionada com a tecnologia e a sociedade. O alfabetismo científico se constitui um processo contínuo, capacitando os indivíduos em formação a realizarem uma leitura de mundo. Longe de requerer o argumento da autoridade, permite aos sujeitos a percepção de transformação da realidade para melhor. Isso posto, a exigência de sua autoria refere-se à capacidade (re)construtiva do conhecimento, escudada sobre a autoridade do argumento e não o contrário (CHASSOT, 2006; DEMO, 2013; SASSERON, 2015).

[...] a formação científica não pode ser visualizada como interferência externa eventual, deve ser encarada como dinâmica intrínseca do próprio processo formativo. Outra maneira de dizer seria acentuar aspectos formativos do exercício bem feito da ‘autoridade do argumento’, motivando a construção da autoria e autonomia (DEMO, 2013, p. 54)..

Sem recair em reducionismos, a proposta de se educar para a pesquisa, consiste em prover ambientes investigativos nas salas de aula, por meio da representação simplificada do trabalho científico, para que os sujeitos em formação possam ampliar progressivamente sua cultura científica, se alfabetizando cientificamente (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Conforme levantamento do Indicador de Analfabetismo Funcional (INAF, 2018), a realidade das escolas brasileiras retrata, de forma crítica, o atraso na qualidade de aprendizagem da população no que se refere ao domínio das habilidades de letramento e numeramento (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição da população por níveis de Alfabetismo e escolaridade (% na escolaridade).

	Total	Nenhuma	Ensino Fund. - anos iniciais	Ensino Fund. - anos finais	Ensino Médio	Superior
BASE	2002	116	297	451	796	342
Analfabeto	8%	82%	16%	1%	1%	0%
Rudimentar	22%	17%	54%	32%	12%	4%
Elementar	34%	0%	21%	45%	42%	25%
Intermediário	25%	1%	7%	17%	33%	37%
Proficiente	12%	0%	1%	4%	12%	34%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ANALFABETOS FUNCIONAIS	29%	99%	70%	34%	13%	4%
ANALFABETOS ALFABETIZADOS	71%	1%	29%	66%	87%	96%

Fonte: (Adaptado de INAF, 2018, p. 8).

A Tabela 1 reforça a lacuna existente no domínio dos códigos de leitura e escrita que ainda persiste em sujeitos já ingressos no nível Médio de ensino. Observa-se que apenas 12% da população desse nível de escolaridade são considerados proficientes e, ainda, 13% são considerados analfabetos funcionais (categorias *analfabeto e rudimentar*). Tais dados nos levam a uma discussão que *a priori* nos parece “utópica” demais, pois, se ainda persistem os problemas do analfabetismo escolar e funcional, como argumentar sobre alfabetização científica?

Entretanto, se uma problemática nos fizesse abandonar a outra, então nos renderíamos ao vitimismo de uma herança predominantemente branca e eurocêntrica dos anos 1500. Como nos diz Prensky (2010), conhecimento é dinâmica disruptiva e rebelde, em constante evolução, e, portanto, nele devemos centrar nossos esforços.

Afinando as perspectivas otimistas do ensino por investigação à alfabetização científica, Sasseron (2015) propõe a ideia de hibridismo entre a cultura científica e a cultura escolar, por meio da incorporação dos elementos do fazer científico aos elementos didáticos da sala de aula. O ensino por investigação, dinamizado no exercício da argumentação que lhe é intrínseco, permite a reflexão em torno de um problema, instigando a participação ativa dos discentes na busca da solução de conflitos.

O exercício do ensino investigativo torna-se relevante à medida que é perceptível nos contextos educativos uma ciência escolar que corteja a ciência dos cientistas (da Academia), ainda que não se compreenda os conceitos que precisa transmitir (CHASSOT, 2006). A escola, sob essa sentença, tem sua pena agravada, quando desautoriza os saberes primevos (que os alunos trazem consigo, do próprio contexto de suas relações socioculturais), que não são validados pelo carimbo da Academia (Universidade).

Portanto, ainda parece oportuno discutir que a proposta de alfabetização científica na perspectiva do ensino por investigação não enseja a formação de cientistas pela simples reprodução de aprendizes de pesquisadores na escola básica. Trata-se do exercício da argumentação, inerente ao trabalho científico, que se corporifica nas salas de aula de Ciências Naturais e pode engendrar o desenvolvimento dos discentes, capacitando-os para atuarem em sociedade, de forma consciente frente aos problemas que os afligem e com disposição para superá-los.

Percurso Metodológico

O trabalho trazido à discussão é de base qualitativa, calcado em estudo exploratório, com proposição de pesquisa do tipo intervenção pedagógica. A abordagem qualitativa prioriza o processo e seu significado como objetos de análise e converge para os embates necessários em torno da supremacia da ciência analítica e presumivelmente empírica.

Os movimentos em torno da pesquisa qualitativa buscam confrontar-se com os excessos da formalização, mostrando-nos que a qualidade é menos questão de extensão do que de intensidade. Deixá-la de fora seria deturpação da realidade. Que a ciência tenha dificuldade de a tratar é problema da ciência, não da realidade (DEMO, 2000, p. 29).

Os estudos exploratórios presumem, segundo Lakatos e Marconi (2010, p. 188), “a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos”.

A pesquisa de intervenção pedagógica é caracterizada pelo planejamento e execução de interferências que ambicionam melhorias e avanços nos processos de aprendizagem dos sujeitos participantes. Um de seus principais aspectos é a pos-

terior avaliação dos efeitos das interferências que foram implementadas (COSTA; LORENZETTI, 2020; DAMIANI et al., 2013). Logo, não se limita a mero ativismo, mas aspira aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o nível de consciência das pessoas e dos grupos considerados – os sujeitos da pesquisa (THIOLLENT, 1998).

A escolha pela intervenção se deu a partir da pesquisa realizada durante o estágio de doutoramento de uma das autoras, que buscou compreender o efeito recuperador e protetor do óxido nítrico em sementes de alface submetidas à seca e salinidade. O próprio percurso formativo dos responsáveis pela autoria da tese (aluno e orientador) foi marcado pela interação dialógica entre ensino e pesquisa, tornando público o compromisso de uma devolutiva à sociedade daquilo que se tem produzido pelo campo científico. Como já enfatizado, a pesquisa de intervenção pedagógica é uma via recíproca: deve ampliar o nível de consciência dos sujeitos da pesquisa, como também daquele que investiga – o pesquisador.

Os sujeitos da pesquisa compreendem 70 alunos, regularmente matriculados na terceira série do Ensino Médio regular, alocados em duas turmas do turno vespertino; e docentes das áreas de Biologia, Matemática e Química. A investigação foi conduzida em uma Escola da Rede Estadual de Ensino do Município de Serra – ES.

O ensino por investigação como abordagem didática: aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Critérios estruturantes constituem-se “ideias fundamentais que organizam modelos e conceitos que refletem no status epistemológico de um campo de conhecimento e em suas relações com outras disciplinas e na própria prática de ensino em sala de aula” (CARVALHO et al., 2012, p. 02). Sobre esses critérios, têm-se incluído: conteúdo, metodologia e papel do professor.

As modalidades didáticas e os recursos que irão se valer preenchem uma etapa de suma importância do planejamento curricular e relacionam-se com um dos critérios que estruturam o ensino de Ciências: a metodologia.

Dentro desse contexto teórico e considerando as discussões elencadas em tópico anterior, este estudo propôs uma sequência de ensino investigativa, cujo planejamento e interações didáticas, que ressoam de sua aplicação, serão aqui relatados para ensinar ao leitor uma melhor participação no narrar.

Segundo Carvalho (2013), o desenvolvimento de sequências de ensino investigativas perpassa etapas-chave que incluem três atividades: a proposição de um problema; atividade de sistematização do conhecimento construído e contextualização do conhecimento, principalmente pela relevância social de sua aplicabilidade. Algumas SEIs mais complexas demandam vários ciclos de aplicação das três atividades citadas, ou mesmo a adesão de novas propostas.

Sobre a SEI que será aqui relatada, seu planejamento se deu por intermédio das etapas previstas por Carvalho (2013), estruturadas conforme o Quadro 1, e a seguir descritas:

Quadro 1: Estrutura da sequência de ensino investigativa.

ETAPAS DA SEI	DURAÇÃO	CONTEÚDOS TRABALHADOS
Problematização	1 aula de 55 minutos Local: sala de aula 1 aula de 55 minutos Local: Laboratório UFES	Impactos da salinização ao crescimento de espécies vegetais. Sustentabilidade ambiental e subsistência das comunidades humanas. Germinação de angiospermas. Fisiologia Vegetal. Produtividade e desenvolvimento dos vegetais.
Investigação	2 aulas de 55 minutos Local: Laboratório UFES 2 aulas de 55 minutos Local: Laboratório da escola	Germinação de sementes <i>in vitro</i> . Técnicas em análises de sementes. Construção e interpretação de gráficos. Cálculo de média aritmética. Unidades de medida de comprimento. Resolução de fórmulas matemáticas.
Sistematização do conhecimento	4 aulas de 55 minutos Local: sala de aula	Tolerância e defesa dos vegetais ao estresse por salinidade. Efeitos do óxido nítrico sobre a fisiologia vegetal. Interpretação de textos científicos. Etapas do método científico. Reatividade da molécula de óxido nítrico. Funções inorgânicas: sais. Oxirredução e variação de NOX (número de oxidação).
Contextualização do conhecimento	1 aula de 55 minutos	Ciência e sociedade. Popularização da Ciência e divulgação científica. Ações antrópicas e desastres ecossistêmicos. Cultura científica, ciência escolar e ciência popular.

Etapas: Problematização

A etapa de problematização da SEI foi conduzida em dois espaços físicos: Escola e Universidade. A dinâmica desta etapa inicial se deu a partir de reportagem extraída do portal G1 (globo.com) conforme manchete exposta abaixo:

Edição do dia 06/07/2013

06/07/2013 21h06 - Atualizado em 06/07/2013 21h06

Salinização de áreas irrigadas degrada terras do Nordeste

A longa estiagem está produzindo um efeito devastador no solo de áreas irrigadas do Nordeste, a salinização: 30% dessas áreas já foram atingidas.

Figura 1: Manchete sobre o problema da salinização em áreas irrigadas do Nordeste. Fonte: Portal G1. Disponível em: < <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/07/salinizacao-de-areas-irrigadas-degrada-terras-do-nordeste.html>>. Acesso em: dez. 2019.

O *link* da reportagem foi disponibilizado aos discentes para acesso a partir dos aparelhos celulares de uso pessoal. Foram providenciadas algumas cópias da notícia para alunos que demonstrassem interesse pela leitura do texto impresso.

Após período de leitura silenciosa, foram propostas aos alunos questões catalisadoras que introduziram todas as demais etapas da SEI aplicada: Todas as espécies de plantas são tolerantes à salinidade? De que forma o problema da salinização pode afetar as dimensões econômica e sociocultural das comunidades humanas? Quais as medidas viáveis para o problema da salinização sob o aspecto sustentável?

Ao refletir sobre tais problemas ambientais, os alunos puderam perceber os prejuízos que atingem os agricultores daquela região, que perdem produtividade e renda, e que por sua vez é desencadeado pelo impacto negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Logo o problema a ser investigado: Por que a salinização dos solos prejudica o desenvolvimento das plantas? Como podemos ajudar as plantas a suportar esse problema?

As hipóteses elaboradas pelos alunos, que atendem ao cerne da problematização indiciada, surgiram principalmente durante a etapa de montagem e acompanhamento dos experimentos, e serão expostas no próximo tópico.

Etapa: Investigação

Para fomento da problematização exposta no momento introdutório da SEI, foi proposta atividade experimental desenvolvida em dois ambientes distintos: *a priori* em laboratório da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e, posteriormente, no próprio laboratório da unidade escolar.

Foi ensejada uma visita ao Laboratório de Sementes e Ecofisiologia Florestal (LASEF) da UFES, onde os discentes, com orientação do pesquisador, tiveram acesso à infraestrutura, às pesquisas desenvolvidas, bem como a oportunidade de ouvirem relatos da experiência de acadêmicos vinculados ao LASEF.

No local, os alunos se familiarizaram com os equipamentos e com a rotina laboratorial dos pesquisadores que desempenham pesquisas com germinação de sementes. Os discentes foram orientados acerca das etapas que compreendem o processo germinativo em placa de Petri e realizaram uma prática experimental (Figura 2), com objetivo de avaliarem a germinação de sementes submetidas a condições ambientais distintas. Nesta fase, o mais relevante não foram os conceitos científicos em si, mas as ações manipulativas que despertaram o levantamento de hipóteses e a possibilidade de testá-las. Avançando sobre as perguntas catalisadoras do momento introdutório, a prática desenvolvida na Universidade buscou tecer estreita relação com a situação dramática vivenciada por agricultores do Nordeste brasileiro, em que a salinização tem comprometido o potencial produtivo de várias espécies vegetais.



Figura 2: Aluna preparando ensaio germinativo. Etapa desenvolvida no LASEF – UFES.

Fonte: Registro do pesquisador (2019)

De volta ao ambiente escolar, o mesmo delineamento experimental foi replicado e acompanhado pelos alunos durante 7 dias (Figura 3). Os discentes foram separados em 8 grupos (4 para cada turma) e divididos entre ensaios de germinação com alface e feijão. Foram montados os tratamentos germinativos em três condições (controle¹; solução salina a $-0,6 \text{ Mpa}^2$ e solução salina acrescida de nitroprussiato de sódio a $100 \mu\text{M}^3$). Foram semeadas 10 sementes em cada placa, e os experimentos mantidos em temperatura de $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, na presença de luz constante (para que essas condições fossem atendidas, o laboratório de Ciências da escola permaneceu durante uma semana com os aparelhos de ar condicionado ligados e luz acesa) (Figura 4).

Foi identificada nesta fase a elaboração de hipóteses pelos alunos. Muitos antecipavam os acontecimentos de germinação, presumindo o que aconteceria com as sementes em cada condição de tratamento. Percebeu-se que as hipóteses foram construídas pela analogia com o problema da salinização em solos do Nordeste brasileiro: na placa com solução de NaCl, os alunos afirmavam que as sementes “não brotariam”.

1 Tratamento com água

2 Megapascal

3 Micromolar

Roteiro de aula prática sobre germinação**PRÁTICA TESTE DE GERMINAÇÃO****Objetivo**

Determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, o qual pode ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes.

Material

- papel de filtro; - placas de Petri; - béqueres; - pipetas; - pinças; - água destilada; - tesoura; - sementes de alface e feijão; - solução de NaCl a 0,6 Mpa; - solução de SNP a 100 µM.

NOTA: A depender do tamanho da semente e sua exigência com relação à quantidade de água, é possível montar os testes de germinação em caixas tipo Gerbox, as quais podem ser forradas com papel de filtro ou outro substrato como areia ou vermiculita.

Procedimento

A germinação será conduzida em placas de petri forradas com papel de filtro do tipo germitest, umedecido com 2 mL (alface) e 4ml (feijão) das soluções correspondentes a cada tratamento. Serão semeadas 10 sementes e as placas mantidas em temperatura de 20±1 °C, na presença de luz constante.

PARÂMETROS A SEREM AVALIADOS E COLOCADOS EM RELATÓRIO:**1) Porcentagem de germinação (G)**

Para a determinação da porcentagem de germinação (G) foi adotada a seguinte fórmula:

$G = (N/A) \times 100$; Sendo: N = número total de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar (LABOURIAU; VALADARES, 1976).

2) Índice de Velocidade de Germinação - IVG

O parâmetro IVG será determinado pelo número de sementes germinadas em relação ao tempo do experimento (MAGUIRE, 1962; KRZYŻANOWSKI et al, 1999). Para sua avaliação será adotada a fórmula:

$IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$; Onde: G1 = número de sementes germinadas na primeira contagem; N1 = número de dias decorridos até a primeira contagem; G2 = número de sementes germinadas na segunda contagem; N2 = número de dias decorridos até a segunda contagem; Gn = número de sementes germinadas na última contagem e Nn = número de dias decorridos até a última contagem.

RELATÓRIO:

Após coleta dos dados os grupos deverão apresentar um relatório com os resultados de germinação dos tratamentos, expostos em gráficos. O relatório deverá conter as seguintes partes: **Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão.** O trabalho deverá ser entregue impresso. **Data de entrega: 22/08**

Referências bibliográficas:

Krzyżanowski, F. C., Vieira, R. D., França Neto, J. B. (1999). **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES. 218p

Labouriau, L. G., & Valadares, M. E. B. (1976). On the germination of seeds Calotropis procera (Ait.) Ait. f. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro. v.48, n.2, p.263-284.

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177.

Planta: Alfafa	Estresse Salino Tempo: 7 dias		Temperatura: 20°C
	Controle	NaCl	NaCl + SNP
1º Dia			
2º Dia			
3º Dia			
4º Dia			
5º Dia			
6º Dia			
7º Dia			

	RAÍZES			PARTE AÉREA		
	Tratamento Controle	Tratamento NaCl	Tratamento NaCl + SNP	Tratamento Controle	Tratamento NaCl	Tratamento NaCl + SNP
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Média						

Figura 3: Roteiro para aula prática “Teste de germinação” entregue aos alunos.

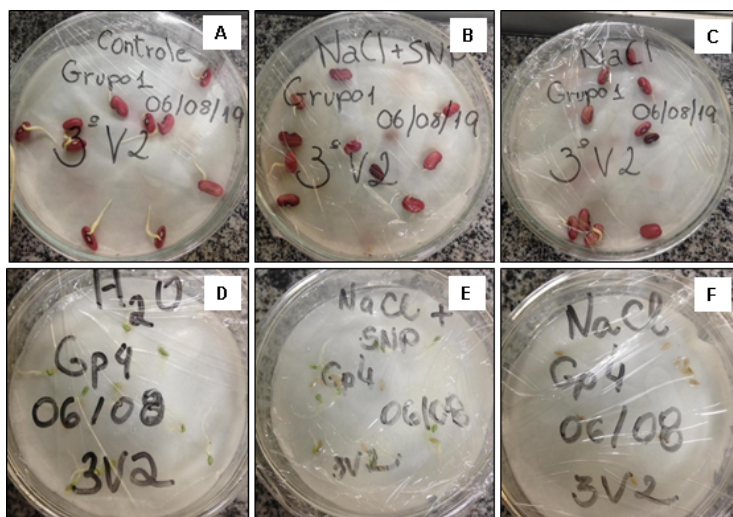


Figura 4: Experimentos montados pelos alunos no laboratório da escola. A, B, C – Tratamentos germinativos com feijão. D, E, F – Tratamentos germinativos com alface.

Ao término do experimento, os alunos aferiram medidas de comprimento de radícula e da parte aérea das plântulas, com o objetivo de realizarem um com-

parativo entre os tratamentos (Figura 5). Os alunos aprenderam a calcular os parâmetros de porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG), por meio de fórmulas descritas pela literatura científica da área.



Figura 5: Medição de radícula e parte aérea de plântula de alface.

Fonte: Registro feito pelo pesquisador (2019).

Parece oportuno destacar a interação entre áreas do conhecimento no ambiente escolar, pela promoção de trabalho investigativo interdisciplinar. Nesse sentido, mostrou-se importante a participação do professor de Matemática que orientou os alunos no desenvolvimento da parte estatística: cálculo dos atributos de G (%) e IVG, confecção de gráficos, cálculo de média de radícula e parte aérea, aplicação de fórmulas para apuração das variáveis e interpretação dos resultados. A culminância do projeto se deu com produção de relatório experimental, a partir da descrição dos resultados observados pelos discentes.

Etapa: Sistematização do conhecimento

Nesta etapa, buscou-se analisar as variáveis relevantes sobre a problemática anunciada, mediante sistematização do conhecimento veiculado. Para análise desta fase, foram adotados os seguintes recursos: apreciação dos relatórios produzidos pelos grupos; aplicação de atividade para verificação de patamar majorante⁴ de

4 Parafraseando Piaget, adotou-se o uso da expressão "majorante" que, segundo o autor, expressa um equilíbrio melhor e maior que o anterior, quando o sujeito é submetido a novas situações e/ou desafios que o deses-

alfabetismo científico (Atividade 01); aplicação de atividade para verificação da capacidade interpretativa de textos científicos (Atividade 02).

Em aula anterior à aplicação da “Atividade 1”, os alunos foram orientados a realizar uma pesquisa extraclasse sobre o papel do óxido nítrico no crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Chegado o momento da execução da atividade, foi permitida aos discentes a consulta ao material pesquisado, desde que disponível na forma impressa. Os grupos foram orientados a fazer uso das interpretações dos resultados obtidos de seus experimentos, na elaboração de uma resolução “viável” ao exercício proposto (Figura 6).

Disciplina: Biologia – 2º Trimestre		Data: ____/____/____
Professora:		Valor: 5 pontos
Série: 3º ano	Turma: ____	Nota: _____
Aluno (a): _____		

ORIENTAÇÃO PARA A ATIVIDADE: É proibido o uso do celular durante a atividade. Só poderão ser consultadas as pesquisas impressas ou escritas trazidas pelo grupo.

Componentes:

ATIVIDADE 1 – PRÁTICA GERMINAÇÃO

Por intermédio dos resultados observados e sabendo que o SNP (nitroprussiato de sódio) é uma substância doadora de óxido nítrico (NO), elabore uma hipótese para explicar sua atuação na melhoria da tolerância de plantas submetidas ao estresse salino.

Figura 6: Cabeçalho da Atividade 1 aplicada aos discentes.

A “Atividade 2” foi organizada previamente pela distribuição de 4 trabalhos científicos distintos, um para cada grupo de discentes. Os artigos escolhidos abarcam temática proximal ao estudo experimental conduzido pelos alunos. Na ocasião da aplicação, os estudantes foram orientados a identificar no texto científico os seguintes tópicos: problema, hipóteses, metodologia, principais resultados e conclusão (Figuras 7, 8, 9, 10, e 11).

tabilizam. Aqui, faz-se uso do termo para expressar a capacidade do aluno em desenvolver seu processo de alfabetização científica, pela aquisição de novos conceitos e novas capacidades.

Disciplina: Biologia – 2º Trimestre	Data: ____/____/____
Professora:	Valor: 5 pontos
Série: 3º ano	Turma: ____ Nota: _____
Aluno (a):	

ORIENTAÇÃO PARA A ATIVIDADE: É proibido o uso do celular durante a atividade. O artigo científico será o único material de consulta permitido.

Componentes:

ATIVIDADE 2 – APRENDENDO A INTERPRETAR UM TRABALHO CIENTÍFICO

Resuma nas próximas linhas os seguintes tópicos referentes ao artigo:

- Qual o problema da pesquisa? (O que levou os pesquisadores a escolherem pela temática?)
- Quais as hipóteses dos pesquisadores? (O que os pesquisadores esperam que aconteça ao final dos experimentos?)
- Metodologia (como fizeram?)
- Quais os principais resultados?
- Conclusão da pesquisa realizada.

Figura 7: Cabeçalho da Atividade 2 aplicada aos discentes.



APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS CONTENDO DOADOR DE ÓXIDO NÍTRICO NA PROTEÇÃO CONTRA OS EFEITOS DO ESTRESSE SALINO EM PLANTAS DE MILHO.

Bruna Cristina Rodrigues Gomes (CNPq)¹, Amedea Barozzi Seabra², Halley Caixeta Oliveira¹, e-mail: halley@uel.br

¹Universidade Estadual de Londrina/Departamento de Biologia Animal e Vegetal/CCB.

² Universidade Federal do ABC/Centro de Ciências Humanas e Naturais.

Área e subárea do conhecimento: Botânica/Fisiologia Vegetal.

Palavras-chave: nanotecnologia, salinidade, Zea mays L.

Figura 8: “Artigo 1” selecionado na condução da etapa de sistematização do conhecimento para a SEI aplicada.



EFEITO PROTETOR DO ÓXIDO NÍTRICO SOBRE A SALINIDADE EM PLANTAS DE *Crambeabyssinica* Hochst (Brassicaceae)

Nathália Ferreira Flausino¹

Rodrigo Miranda Moraes²

Jade Del Nero Oliveira³

Sandro Barbosa⁴

Figura 9: “Artigo 2” selecionado na condução da etapa de sistematização do conhecimento para a SEI aplicada.

Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada da Pós-Graduação em Produção Vegetal
(ISSN 2594-9683) - V.15, 2018.

Efeito do estresse salino na germinação e no vigor de sementes de repolho

Luís Augusto Batista de Oliveira⁽¹⁾; Edvan Costa da Silva⁽²⁾; Karen Andreon Viçosi⁽³⁾;
Carolina Santos Galvão⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pós-Graduando no Programa de Produção Vegetal; Universidade Estadual de Goiás; Ipameri, Goiás; luisaugusto-1993@hotmail.com; ^(2,3,4) Pós-Graduandos no Programa de Produção Vegetal; Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, Goiás.

Figura 10: “Artigo 3” selecionado na condução da etapa de sistematização do conhecimento para a SEI aplicada.

EFEITO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

EFFECT OF DIFFERENT SALINITY LEVELS ON GERMINATION OF LETTUCE
(*Lactuca sativa* L.) SEED

JANEGITZ, M. C.¹; SERRANO, F. B.¹; TURINI, T. A.²; HERMANN, E. R.¹

¹ESAPP, Rua Prefeito Jayme Monteiro, 791, 19700-000, Paraguaçu Paulista, SP.

²University of California Cooperative Extension, 1720 S. Maple Ave., Fresno, CA, USA, 93702.
e-mail: barquilhaeserrano@yahoo.com.br

Figura 11: “Artigo 4” selecionado na condução da etapa de sistematização do conhecimento para a SEI aplicada.

Etapa: Contextualização do conhecimento

Nesta etapa final, de posse dos relatórios e Atividades (1 e 2) avaliadas, foi conduzida uma roda de conversa com os alunos. Com a mediação do pesquisador, buscou-se detectar nos discentes os pontos positivos e negativos, as potencialidades e aprendizagens da sequência de ensino aplicada. Foram pontuados durante o diálogo aspectos relevantes sobre a importância das pesquisas científicas para o progresso de comunidades humanas e de seres animais e vegetais. Buscou-se, ainda, instigar nos alunos a visão dos mesmos acerca da figura do cientista e das

pesquisas científicas e a percepção de potenciais mudanças nos julgamentos prévios dos estudantes após o trabalho experimental conduzido.

Esta fase da SEI foi concluída com a livre produção de textos pelos alunos, com “insights” e “impressões” da experiência.

Sequência de ensino investigativa e pesquisa de intervenção pedagógica: convergências para a divulgação científica

Neste tópico, serão abordados os desdobramentos da pesquisa de intervenção pedagógica desenvolvida em duas classes de Ensino Médio de uma escola pública regular. Buscar-se-á para além da interpretação das etapas da SEI desenvolvida, sua aplicabilidade sobre os pressupostos da popularização da ciência.

A trama de relações tecidas entre o ensino por investigação e a popularização da ciência não se constrói destituída de uma versão mais complexa e mais consistente de se alfabetizar cientificamente.

A alfabetização científica sugere um certo zelo por eixos orientadores que transitam entre pontos canônicos do ensino de Ciências e aspectos que derivam da apropriação desses conhecimentos para ações em contextos extraescolares. Conforme anuncia Sasseron (2015), são três as linhas estruturantes da alfabetização científica: “compreensão básica de termos e conceitos científico; compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática; entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente” (p. 57).

Para melhor contextualizar o leitor neste momento de discussão, a seção será dividida conforme as etapas da SEI anunciadas por Carvalho (2013), e previamente caracterizadas.

Etapa: Problematização

Resguardado o devido decoro para com o caráter substancial da alfabetização científica, a etapa inicial da SEI destaca aspectos de duas, das três linhas estruturantes supracitadas: **compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática e entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.**

Sobre a compreensão da natureza da ciência, é imperativo tratar de sua própria historicidade. Aqui, pressupõe-se uma leitura da ciência interdisciplinar e historicamente construída. Afinal, o estudo da **história da ciência** não ocorre de forma

desconectada, pelo menos no “utópico” do que se tem idealizado para as práticas de ensino.

Durante visita ao laboratório de pesquisa da Universidade, a fala dos acadêmicos acerca dos desafios e percurso das pesquisas realizadas despertou certa “surpresa” nos discentes do Ensino Médio sobre a natureza “humana” do pesquisador. A própria herança eurocêntrica que nos impingem, contribuiu para a idealização de um modelo de cientista que corporifica a figura, ora emblemática, ora caricata, de um ser com mente iluminada e isento de sua própria historicidade e imperfeições.

Por parecer oportuno, se enfatiza a concepção de ciência como atividade humana e o caráter provisório do conhecimento científico. Esmiuçando melhor esses aspectos, leia-se fragmentos de dois textos sobre história da ciência, extraídos do livro *Source book on physics* (MAGGIE, 1935):

Estando recentemente encarregado da superintendência de perfuração de canhões, numa oficina de arsenal militar em Munique, fiquei impressionado com o considerável grau de calor que uma peça metálica adquire, em pequeno tempo, sendo perfurada; e com o calor até mais intenso (maior que o da água fervente como comprovei pela experiência) das lascas metálicas originadas pela perfuração (p. 151-152).

Quanto mais eu pensava nestes fenômenos mais eles pareciam para ser para mim curiosos e interessantes. Uma completa investigação deles parecia, ao mesmo tempo, oferecer uma satisfatória interpretação para a natureza oculta do calor e nos tornar capazes de tecer algumas conjecturas razoáveis em relação à existência ou não de um fluido ígneo: um assunto que há muito tem dividido a opinião dos filósofos (p. 160-161).

Os trechos descrevem as impressões de Benjamin Thompson (físico e inventor) no trabalho com a perfuração de canhões. As contribuições do cientista para a moderna Teoria Cinético Molecular não surgiram de momentos isolados, circunscrito à quatro paredes de um laboratório equipado, e sim de seu próprio contexto socio-cultural participativo: no exercício de sua atividade laboral. Da mesma maneira, sua experiência com o calor emanado das lascas de metais o leva a questionar a teoria científica vigente na época, a qual se validava a existência de um fluido ígneo⁵ (calórico) presente nos corpos materiais (sólidos, líquidos e gases). A suspeita de Benjamin Thompson acerca da teoria do calórico nos remete ao caráter provisório dos conceitos científicos, para tanto, basta ver que ideias amplamente difundidas e aceitas naquele contexto há muito tempo já se tornaram obsoletas.

5 Fluido invisível e inodoro, chamado calórico, que todos os corpos conteriam em quantidades determinadas em sua composição, que era denominado como o causador das alterações de temperatura.

De forma análoga, o contato dos discentes com pesquisadores durante a visita propiciaram falas interessantes sobre a dimensão social da ciência. Muitos não consideravam ouvir dos cientistas ali presentes que seus trabalhos tiveram momentos de frustração, da percepção de erros de execução em algumas etapas, ou até mesmo das dificuldades enfrentadas devido à falta de recursos para custeio da pesquisa. Ora, se para seres com “mentes privilegiadas” as dificuldades existem, pode-se, no mínimo, refutar o caráter sobrenatural e caricata atribuído à figura do cientista.

Aqui nos cabe uma reflexão acerca da importância de atribuímos ao ensino de Ciências um caráter menos a-histórico (CHASSOT, 2006). Isso sugere a percepção de que a história não está pronta e o quanto somos agentes de transformação (podemos mudar o mundo e mudá-lo para melhor). A outra perspectiva é a de que não existe uma verdade imutável. E, por fim, que os cientistas são sujeitos sociais, situados no espaço e tempo, inseridos em uma história pessoal e inscritos em ambientes culturais pelos quais são moldados. Com isso, os alunos puderam perceber que as dificuldades enfrentadas por eles ao longo do aprendizado de conceitos científicos, podem inclusive ter sido as mesmas enfrentadas pelos cientistas na história da ciência.

Sobre o eixo **entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente**, destaca-se a reportagem proposta ao início da problematização, com a qual se desvelou o impacto da ciência sobre as comunidades humanas e a relevância das pesquisas científicas que reverberam sobre os problemas ambientais, como, por exemplo, a situação da salinização em solos do Nordeste brasileiro.

Etapa: Sistematização do conhecimento

No exercício contínuo e necessário de retorno aos eixos estruturantes propostos por Sasseron (2015), a fase de sistematização do conhecimento da SEI aplicada alinha-se aos pressupostos do primeiro eixo: a **compreensão básica de termos e conceitos científicos**.

Os relatórios elaborados pelos discentes fornecem pistas relevantes sobre a apropriação de conceitos e ampliação do repertório cultural científico, como observado no domínio de aspectos técnicos específicos.

Em recorte de “Material e Métodos” descrito nos relatórios apresentados (Figura 12), os alunos demonstram discernir atividades que compreendem a “metodologia

experimental”. Nota-se o domínio sobre as “ferramentas” (placas de Petri, papel germitest, pipetas, pinças, régua) utilizadas durante a montagem dos experimentos (tanto no que se refere à identificação quanto à manipulação dos instrumentos). Sem desmerecer a essencialidade da qualidade formal da pesquisa, a análise dos relatórios denota habilidades vinculadas ao rigor do método científico, validade tão pleiteada ao longo da história da própria ciência - os alunos descrevem as condições “ideais” para que a germinação aconteça, tais como temperatura e luminosidade.

2.2) Métodos:

Primeiramente pegamos as placas de Petri e o papel germitest/filtro e recortamos de acordo com o tamanho da parte inferior da placa, depois de recortado foi colocado dois papéis em cada placa. Em seguida, pegamos os béqueres com as soluções de NaCl, SNP e Água, utilizamos as pipetas para adicionar 4ml de água na primeira placa, 4ml de NaCl na segunda Placa e 2ml de NaCl + 2ml de SNP na terceira placa e adicionamos 10 sementes de alface com uma pinça a cada placa. Logo após fechamos a placa, especificamos a data, a solução e passamos papel insulfilm em volta. Durante os sete dias a temperatura do ar-condicionado ficou em 25° e as luzes do laboratório em que o procedimento foi realizado ficaram acesas. Nesse tempo observamos a germinação das sementes e no sétimo utilizamos a régua para medir o comprimento da radícula e da parte aérea de cada semente.

Figura 12: Trecho sobre “Material e Métodos”. Fragmento extraído dos relatórios apresentados pelos alunos.

A avaliação qualitativa do alfabetismo científico, além dos eixos que estruturam sua organização, sugere a prescrição de indicadores de sua efetividade, como proposto por Sasseron (2015). Os indicadores são habilidades vinculadas à compreensão de temas de Ciências e que deflagram sobre o papel ativo do alunado na busca pelo entendimento dessas temáticas.

Os fragmentos extraídos dos relatórios e abaixo exibidos, sinalizam esses indicadores essenciais tais como: o trato com as informações e com os dados disponíveis; o levantamento e teste de hipóteses pelos estudantes; a proposição de explicações

para os fenômenos observados, buscando justificativas para ratificá-los e estabelecendo previsões advindas dessas explicações; o uso do raciocínio lógico durante a investigação e a comunicação de ideias em situações de ensino de aprendizagem (SASSERON, 2015).

São evidências de que os alunos contextualizam os dados coletados: primeiro, pela descrição de atributos visíveis, relacionando-os aos aspectos morfológicos das espécies testadas (*“possui sua radícula e parte aérea afetada”*; *“obtendo médias melhores tanto nas radículas quanto nas partes aéreas da planta”*); segundo, pela capacidade de preverem “benefícios” e aplicabilidade do experimento (*“o nitroprussiato de sódio pode ser uma possível solução para o problema da salinização, que ocorre no nordeste devido à seca que assola a região e degrada as terras do semiárido”*; *“... pois eles ajudam a plantas a se desenvolverem”*) (Figuras 13, 14 e 15).

germinação da mesma. No último tratamento foram usado em conjunto o NaCl e SNP, e de acordo com os dados obtidos, a adição do SNP reagiu muito bem na germinação, obtendo o mesmo percentual do tratamento feito com a água - cem por cento - e obtendo média melhores tanto nas radículas quanto nas partes aéreas da planta, respectivamente 2.89 centímetros e 2.84 centímetros. Enfim, a adição do SNP reagiu muito bem e foi responsável por trazer um ótimo desenvolvimento para planta, mesmo com a presença do NaCl, que é responsável por dificultar a germinação, que pode ser visto no segundo tratamento. O nitroprussiato de sódio pode ser uma possível solução para o problema da salinização, que ocorre no nordeste devido a seca que assola a região e degrada as terras do semiárido, trazendo um desenvolvimento superior em todos os quesitos, em comparação com a germinação feito somente em água.

Figura 13: Trecho sobre “Resultados e Discussão”. Fragmento extraído dos relatórios apresentados pelos alunos.

CONCLUSAO

Portanto torna-se notável que o desenvolvimento de uma semente em meio ao estresse fica comprometido, e aos que ainda se desenvolvem possui sua radícula e parte aérea afetada, o que fica perceptível se comparar as sementes que brotaram na substância de NaCl e as mesmas na substância de H₂O e SNP. Também pode-se afirmar que o SNP anula o estresse do NaCl, fazendo com que a semente se desenvolva saudável. No entanto o método mais eficaz e saudável é utilizando o H₂O, pois a velocidade de germinação do mesmo foi mais alta que as dos demais e a sua radícula e parte aérea foram consequentemente maiores se comparada as sementes geminadas nas soluções de NaCl e de NaCl+SNP.

Figura 14: Trecho sobre “Conclusão”. Fragmento extraído dos relatórios apresentados pelos alunos.

4) Conclusão:

Com isso, concluímos que a salinidade inibe a germinação e o desenvolvimento da semente das sementes. Já a água e o SNP tivemos resultados positivos, pois eles ajudam as plantas a se desenvolverem.

Figura 15: Trecho sobre “Conclusão”. Fragmento extraído dos relatórios apresentados pelos alunos.

Os gráficos construídos denotam a capacidade interpretativa dos discentes perante as variáveis coletadas (G, IVG, comprimento radicular, comprimento de parte aérea), bem como a aptidão em discriminarem adequadamente as unidades de medida para cada tipo de parâmetro avaliado. Observou-se a habilidade dos estudantes no cálculo dos atributos como, também, na sistematização dos dados pelo viés estatístico (Figura 16).

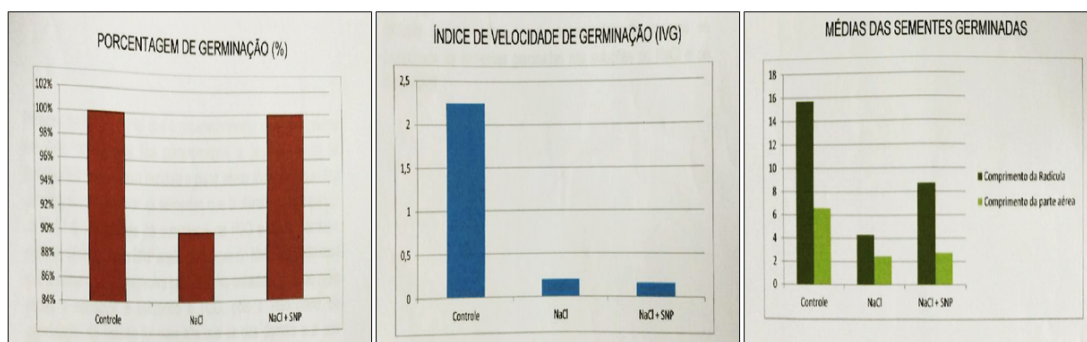


Figura 16: Gráficos de G (%), IVG e médias de comprimento da radícula e parte aérea. Fragmento extraído dos relatórios apresentados pelos alunos.

As respostas dos discentes obtidas com a aplicação da *Atividade 1* preenchem um dos principais requisitos pleiteados pela educação científica: a reconstrução do conhecimento. O processo de se educar cientificamente encontra seu fundamento na expectativa da sociedade intensiva de conhecimento. Não basta uma simples “assimilação” passiva dos conteúdos, e sim o investimento pela originalidade durante o processo. A alfabetização científica só traduz sua eficácia em ambientes de produção textual e não de passividade reproduzida (DEMO, 2013).

Na contramão de expectativas pessimistas sobre a ineficácia de se investir na educação científica, os alunos demonstraram não somente terem “assimilado” os conceitos científicos, como também a capacidade de ressignificá-los com um sentido próprio, pessoal e contextualizado, o que foi percebido nas respostas de vários grupos de alunos (G1, G4 e G6)⁶ à Atividade 1.

A seguir, a título de exemplificação do que expomos, os textos produzidos pelos estudantes não exibem autoria qualquer, mas denotam linguagem própria da ciência, acatando seus cuidados metodológicos, assim como requerido em uma redação científica.

G1: Em condições de estresse, o óxido nítrico atua como protetor da semente, e sua resposta contra o estresse é dado mediante diversos mecanismos, como a indução da expressão de genes de defesa, através das enzimas protetoras e o desenvolvimento dos cloroplastos na mesma. Geralmente, é utilizado como forma de minimizar o estresse salino e hídrico em sementes, e por conseguinte, favorecendo o desenvolvimento da mesma.

6 A fim de resguardar a privacidade dos participantes da pesquisa, os grupos de alunos serão representados pela denominação “G” seguida de numeração, caracterizando os oito grupos de alunos formados durante a execução das etapas da SEI.

G4: Sendo uma espécie reativa do oxigênio (ROS) o óxido nítrico neutraliza o efeito da dormência nas sementes, efeito esse que impede elas de germinarem. Em comparação com a nossa pesquisa, nós concordamos com isso, pois, no meio NaCl + SNP, sendo o SNP um doador de óxido nítrico, mesmo estando numa situação estressante a planta conseguiu germinar.

G6: Conclusão que, ela sinaliza todos os sistemas da semente/planta fazendo eles “trabalhar” para sobreviver em tal situação estressante. Essa parte da sinalização também pode estar relacionada a proteção, pois como o óxido nítrico sinaliza todos, esses mecanismos que ela sinaliza vão estar protegendo a semente/planta.

É inegável a importância dada à popularização da ciência, que ampliou-se sensivelmente nos últimos anos. Os argumentos em torno dessa expansão colocam em xeque as motivações que ensejam as iniciativas dos grandes centros de produção de conhecimento: universidades, órgãos de fomento à pesquisa e instituições de cunho tecnológico.

O caráter transformador das atividades de divulgação científica está atrelado à capacidade de que essas ações possam trazer, mesmo ao cidadão cientificamente “iniciado”, o discernimento a respeito da informação científica que lhe é transmitida (ALBAGLI, 1996; GERMANO 2007; OLIVEIRA, 2013).

Ainda durante esta etapa, foi observado engajamento dos alunos para obtenção de respostas à ação benéfica do nitroprussiato de sódio (SNP) sobre os vegetais. Os estudantes buscaram auxílio da professora de Química para maior compreensão sobre a estrutura química da molécula do NO e sobre seus mecanismos de interação, reatividade e sua relação na eliminação da toxicidade produzida em situações de estresse (Figura 17).

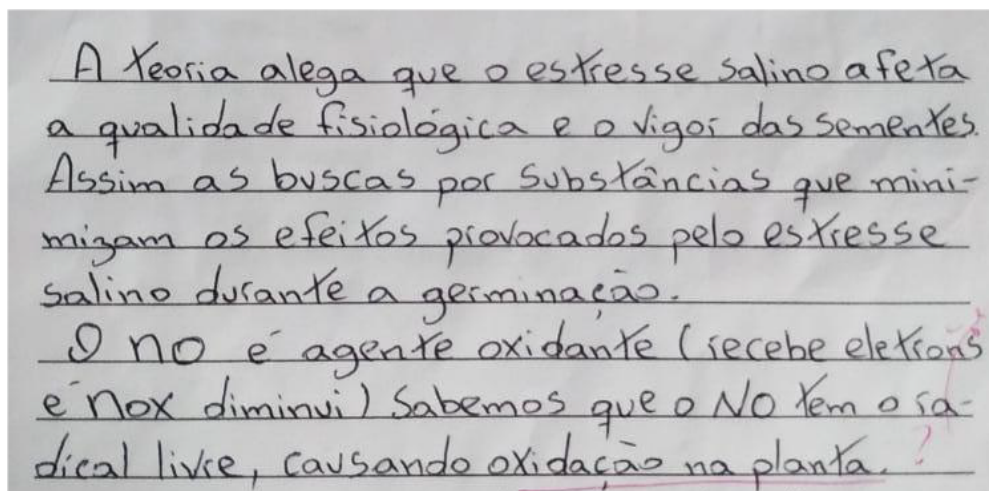


Figura 17: Resposta elaborada por grupo de discentes sobre ação “química” da molécula de óxido nítrico (Atividade 1).

O óxido nítrico atua como substância sinalizadora em vegetais e apresenta a capacidade de reduzir os danos oxidativos, neutralizando diretamente as espécies reativas de oxigênio (EROs) e eliminando-as da célula. Sua ação se deve à presença de elétron desemparelhado que confere alta reatividade à molécula, considerada um antioxidante. O NO tem a tendência de atacar outras moléculas, roubando elétrons, e fazendo com que sejam oxidadas (percam elétrons), enquanto o radical é reduzido. Em termos claros, a interação mais conhecida em plantas é a do ânion superóxido (um radical livre danoso para a célula) com o NO para formar peroxinitrito (ONOO⁻), molécula que é rapidamente decomposta em produtos estáveis, reduzindo a toxicidade celular (GROß et al., 2013; SHEOKAND; KUMARI, 2015).

Ainda que não apresente uma estruturação formal e completa (Figura 17), a resposta dos estudantes demonstra compreensão dos processos bioquímicos que a molécula de óxido nítrico desencadeia, extrapolando até mesmo a noção mais comum e superficial de que a “oxidação”, por si só, sempre caracteriza um efeito nocivo.

A proposição da *Atividade 2*, enquanto estratégia de imersão e “pertencimento” ao “universo científico”, cumpre os requisitos para esse fim, quando se observa a habilidade dos discentes na interpretação de pesquisas científicas realizadas. Ora, a ideia de que a natureza frequentemente ambígua do conhecimento científico não

permite ao cidadão comum discernir seus feitos, felizmente não representa uma unanimidade.

1- O problema geral da pesquisa se baseia na salinidade do substrato que é um dos principais fatores da baixa produtividade da alface. Esse tema foi escolhido com o intuito de descobrir a influência da salinidade nas sementes da alface.

2- As principais hipóteses levantadas pelos pesquisadores é que a semeadura sob condições de estresse no solo pode resultar em baixa porcentagem de desenvolvimento e menor velocidade de emergência.

3- Foram utilizadas sementes de alface as quais foram submetidas a 6 diferentes dosagens de NaCl que eram equivalente aos seus respectivos potenciais osmóticos, sob uma determinada temperatura avaliando a germinação após 96 horas da aplicação de NaCl.

4- Os principais resultados da pesquisa feita foram os declíneos da porcentagem de germinação, comprimento e da massa de matéria seca das sementes conforme o aumento da concentração de NaCl e do potencial osmótico.

5- Conclui-se que quanto maior é a salinidade e o potencial osmótico do meio de germinação menor será o desenvolvimento.

(Resposta elaborada por grupo de discentes para a Atividade 2. A atividade interpretativa refere-se ao “Artigo 4” – vide Figura 11).

Etapa: Contextualização do conhecimento

A fase de contextualização de uma SEI é uma espécie de “esfera pública” do método científico, voltada para o serviço da realidade e para a cidadania colaborativa que sabe pensar. Ousaria a considerar esta etapa como o momento oportuno daqueles que desejam “virar a mesa”⁷.

Popularização da ciência, alfabetismo ou educação científica parecem poder coexistir quando adquirem o exercício educativo de seu apelo formativo. Pesquisa

7 Permite-nos um adendo sobre o significado da expressão. Parafraseando Lobo (2008), fazemos menção “às minorias [...] às variações singulares transmitidas por uma gama de marginalizados por meio de suas lutas, suas resistências, seus conformismos, suas alegrias e seus sofrimentos” (p.58). Convidamos ao exercício reflexivo sobre os “processos de minorização que atravessam a sociedade e que mais afetam aqueles cuja diferença está sempre reduzida à desigualdade e à consequente subjugação” (p.58). Sobre “aqueles” grafado, atribuímos o desejo de “virar a mesa”.

científica é projeto tipicamente eurocêntrico, em geral fortemente patriarcalista, nórdico, político e colonizador (DEMO, 2013). A mudança virá justamente pela democracia do método, pela rebeldia do alcance de todos à linguagem e aos artefatos científicos – direito político da coletividade.

Na etapa final do percurso da SEI, foi oportunizado aos discentes o relato de suas experiências/impressões com a consecução dos experimentos, relatório e atividades investigativas. Os registros também se deram na forma de textos⁸, entregues após “roda de conversa” conduzida pelo pesquisador:

A1: Bom, achei relevante aprender e ver como os alimentos se desenvolvem em vários tipos de situações, digo alimentos porque trabalhamos com feijão e alface penso em como seria o mesmo desenvolvimento da experiência com flores ou outros tipos de vegetais misturando outras substâncias, foi uma experiência diferente e ao mesmo tempo interessante.

A2: Na experiência achei interessante o fato de participar de todo o processo, ou seja, ser ativo no experimento. Gostei do desempenho em relação ao desenvolvimento das plantas, interessante ver as soluções interferirem na produtividade.

A3: Pontos positivos – o conhecimento sobre como germinar feijão de outra forma sem usar “algodão” como em nossa infância, foi extremamente impressionante as formas que os produtos colocados no feijão reagem fazendo com que ele reproduza em 1 semana.

A4: Pensa que o quanto aproveitamos com tudo isso, pois desastres de Mariana e Brumadinho acontecem e se estivermos prontos evitaremos coisas terríveis com o solo.

A contextualização dos saberes científicos é perceptível quando se atinge a transversalidade dos conhecimentos socializados. Clarificando essa afirmativa, quando se percebe a aplicabilidade ou a implantação do conhecimento adquirido em outros contextos em que o indivíduo em formação é agente sócio participante. Os alunos fazem menção a outros desastres ecossistêmicos (A4), cujas sequelas socioambientais ainda se fazem sentidas pela população local e em escala nacional (*“Pensa que o quanto aproveitamos com tudo isso, pois desastres de Mariana e Brumadinho acontecem e se estivermos prontos evitaremos coisas terríveis com o solo”*). Aqui a ciência parece recuperar certo “fôlego” quando advoga sua natureza profícua à responsabilidade social.

8 Fragmentos de textos elaborados por discentes com impressões e insights em torno da experiência propiciada pela SEI. Os alunos foram identificados como A1, A2, A3 e A4.

Os relatos dos estudantes denotam, ainda, um progresso no exercício do “fazer científico”. Pesquisa é exercício permanente e contínuo. O pesquisador pesquisa, reconstrói conhecimento, cria hipóteses, experimenta, constrói, aprende a aprender. Em fragmento de texto produzido por aluna (A1), a estudante aponta que a experiência de germinação foi relevante e que propiciou o desejo de aprender sobre como os “alimentos” se desenvolvem. Ainda, é explícito no relato a curiosidade de como seria o desenvolvimento de experiências “similares” com outros órgãos vegetais, outras espécies, ou utilizando outras substâncias. Aluno como cientista pode parecer anedota, mas significa formação potente, capaz de impelir pessoas na sociedade intensiva do conhecimento (DEMO, 2013).

O exercício da contextualização, como proposto nesta etapa, enfrenta talvez o maior “brio” da ciência como supremacia única, universal e indiscutível. Historicamente, o exercício de poder da ciência se deu pela aceitação de sua autoridade impositiva. Inversamente, nos tempos pós-modernos, a difusão da educação científica enfatiza a ampliação dos conhecimentos prévios dos alunos, a fim de tornarem as informações científicas mais significativas (*“o conhecimento sobre como germinar feijão de outra forma sem usar “algodão” como em nossa infância...”* – A3).

Finalmente, a argumentação e a investigação compõem a cultura do fazer científico, que, por sua vez, corroboram para os indicadores pleiteados no processo de alfabetização. Essa lógica só se processa quando o aluno transita da esfera do “plágio⁹” - característico das metodologias tradicionais essencialmente “instrucionistas” - para um novo patamar de autoria, ativa e participante (*“achei interessante o fato de participar de todo o processo, ou seja, ser ativo no experimento”* – A2).

Considerações Finais

Há que se considerar que poder não é referência ilegítima do conhecimento científico, apenas quando assume o abuso de sua politicagem. Sobre a ciência e seus feitos, não se questiona seu exercício político, pois este visa a promoção de cidadania, e a formação de sujeitos mais críticos, cultivando ambientes propícios à alfabetização científica (CHASSOT, 2006; DEMO, 2013).

Considerando os desafios contemporâneos no ensino de Ciências e as demandas crescentes pela difusão do conhecimento científico, este artigo buscou a proposição de

⁹ Aqui, entenda-se plágio não como apropriação má intencionada do pertencente a outrem, mas como lógica de reprodução passiva daquilo que se é transmitido.

atividade investigativa e interdisciplinar, por meio do intercâmbio entre Academia e escola, visando a popularização do que é produzido pela ciência.

Por intermédio do estudo proposto, postula-se que o ensino investigativo, enquanto abordagem didática, ampliou o repertório científico dos estudantes participantes e de seu método, por meio do qual puderam testar e descobrir a influência negativa de ambientes salinos no desenvolvimento dos vegetais. Vale destacar que a SEI promoveu a interação entre diferentes áreas do conhecimento na escola (biologia, matemática e química) por iniciativa dos estudantes, como forma de viabilizar suas investigações. Nesse processo, observou-se progresso significativo no aprendizado dos envolvidos, que demonstraram compreender e discutir de forma integrada conceitos de bioquímica e metabolismo de plantas, considerados de grande dificuldade por professores e alunos. As atividades conduzidas ao longo da SEI corroboram para reflexões sobre os impactos que ações antrópicas têm ocasionado aos ecossistemas e em que medida essas práticas ameaçam a própria subsistência humana.

Com o advento da comunidade técnico-científica, especialmente ao final do século XIX, a ciência passa a relegar as intencionalidades artificiais dos modelos sócio tecnocráticos e mercantis hegemônicos, para engendrar sua afirmação social, buscando legitimar-se às comunidades humanas (ALBAGLI, 1996; GERMANO 2007; OLIVEIRA, 2013).

Nesse ínterim, para que a ciência adquira o devido impacto estrutural, precisa-se educar cientificamente. Uma ponte que se abre para novos horizontes, muitas vezes desconhecidos pelos alunos. Isso implica um hibridismo entre a cultura escolar e a cultura científica que no caso aqui narrado, trata-se de uma hibridização também do espaço físico em que cultura escolar e cultura científica se miscigenam pelo intercâmbio e socialização dos saberes.

Sociedade é naturalmente teia de poder e contrapoder, e produzir conhecimento é possivelmente habilidade essencial requerida por aqueles que desejam “virar a mesa”. Isso implica um diálogo permanente que reduz obscuridades, invalida as relações dominantes e favorece um ensino menos apolítico, menos a-histórico, construindo a cidadania que sabe pensar (CHASSOT, 2006; DEMO, 2013).

Portanto, advogamos a proposição de um ensino pela dimensão dialética, pautado na fusão entre: investigação, alfabetização e educação científica. Somente por essas condições se pode almejar a popularização da ciência e ingressar na sociedade intensiva de conhecimento.

Scientific education and popularization of Science: investigation teaching as a educational approach

Abstract:

Knowledge was always a powerful strategy, orienting the development of societies, economies, cultures and individuals. The analysis of the science history reveals its most relevant tonic: the logical-experimental posture, responsible for all the most recent and important technologies for the eurocentric history. However, undeniable authority of scientific knowledge betrays its own origins when it kills the self-criticism, a heritage that comes from universal science, absolute and unchangeable. In this scenario, the teach of Science, carries the aspects that surrounds its own scientific history. The complaints of Basic Education students, that learning Science means “memorize difficult words”, are not rare. On that manner, this research has as an objective the proposal of an investigative activity, by the interchange between academy and school, aiming for science popularization. The methodological path occurred in a qualitative research, based on an exploratory studying, with the proposition of pedagogical intervention. It was developed a sequence of investigation study (SEI) with 70 students of a public High School. The SEI used was oriented by three key-steps predicted by Carvalho (2013): questioning; systematic and contextualization of knowledge. Through the proposed study, it was imposed that the investigative teaching, as a pedagogical approach, amplified the scientific repertoire of the participating students and of its method, through which they could test and found out the negative influence of saline environment on the development of vegetables. In this sense, we advocated a proposal of trialetical teaching, based on the mixed between: investigating, literacy and scientific education, essential conditions to the popularization of science and entering in the intensive knowledge society.

Key-words: Scientific literacy; popularization; SEI.

Referências:

- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para cidadania. *Ciência da informação*, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- CARVALHO, A. M. P. *O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas*. In A. M. P. Carvalho (Org.) *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (p. 1–20). São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P., AZEVEDO, M. C. P. S. DE., CAPPECHI, M. C. DE. M., VANNUCCHI, A. I., CASTRO, R. S. DE., PIETROCOLA, M. et al. *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo, SP. Cengage Learning, 2012.
- CHASSOT, A. *Alfabetização Científica - Questões e Desafios para a Educação*. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

COSTA, E. M. DA., LORENZETTI, L. A promoção da alfabetização científica nos anos finais do ensino fundamental por meio de uma sequência didática sobre crustáceos. *RBECM*, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 11-47, jan./jun. 2020.

DAMIANI, M. F., ROCHEFOT, R. S., CASTRO, R. F. DE., DARIZ, M. R., PINHEIRO, S. S. Dis-
cutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de Educação*, Pelotas, p. 57-67, mai/
ago. 2013.

DEMO, P. *Metodo-logia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.

DEMO, P. *Educação e alfabetização científica*. São Paulo: Papirus, 2013.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007.

GROß F., DURNER J., GAUPELS F. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. *Frontiers in Plant Science* 4: 419, 2013.

INSTITUTO PAULO MONTENEGRO. Ação Social do IBOPE. Indicador de Analfabetismo Fun-
cional. *INAF Brasil 2018: resultados preliminares*. São Paulo, 2018.

LOBO, L. F. *Os infames da história: pobres, escravos e deficientes no Brasil*. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MAGGIE, W. F. A source book on physics. New York and London: McGraw-Hill Book Company, 1935.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

OLIVEIRA, C. A educação científica como elemento de desenvolvimento humano: uma perspectiva de construção discursiva. *Revista Ensaio*, v.15, n. 02, p. 105-122, 2013

PRENSKY, M. *Teaching digital natives: partnering for real learning*. California: Corwin, 2010.

SALINIZAÇÃO DE ÁREAS IRRIGADAS DEGRADA TERRAS DO NORDESTE. G1, 06 jul. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/07/salinizacao-de-areas-irrigadas-degrada-terras-do-nordeste.html>>. Acesso em: 15 set. 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(especial), 49–67, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>

SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino funda-
mental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SHEOKAND S., KUMARI A. Nitric Oxide and Abiotic Stress-Induced Oxidative Stress. Nitric Oxide Action in Abiotic Stress Responses in Plants. *Springer International Publishing*, pp. 43-63, 2015.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.