



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE
DO PARANÁ**

Campus Cornélio Procópio

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO**

THAYNARA APARECIDA MACHADO

ENSINO DE BOTÂNICA:

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS
CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E
DA COMUNICAÇÃO RADICULAR DE PLANTAS NO ENSINO
SUPERIOR**

THAYNARA APARECIDA MACHADO

ENSINO DE BOTÂNICA:
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS
CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E
DA COMUNICAÇÃO RADICULAR DE PLANTAS NO ENSINO
SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Cornélio Procópio, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto.

CORNÉLIO PROCÓPIO – PR
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Machado, Thaynara Aparecida
Me Ensino de Botânica: uma sequência didática para
atualização dos conhecimentos acerca do estresse
abiótico e da comunicação radicular de plantas no
Ensino Superior / Thaynara Aparecida Machado;
orientador Rodrigo de Souza Poletto - Cornélio
Procópio, 2018.
103 p.

Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade
Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências
Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação em
Ensino, 2018.

1. Ensino de Botânica. 2. Fisiologia Vegetal. 3.
Formação inicial. 4. Transposição didática . 5.
Sequência didática. I. Poletto, Rodrigo de Souza,
orient. II. Título.

THAYNARA APARECIDA MACHADO

ENSINO DE BOTÂNICA:
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS
CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E
DA COMUNICAÇÃO RADICULAR DE PLANTAS NO ENSINO
SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Ensino da Universidade
Estadual do Norte do Paraná – *Campus*
Cornélio Procópio, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Ensino.

Após realização de Defesa Pública o trabalho foi considerado:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Prof. Dr. Álvaro Lorencini Junior
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Roberta Negrão de Araújo
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Cornélio Procópio, 30 de novembro de 2018.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto, não só pela orientação neste trabalho, mas, sobretudo, por sua amizade, paciência, pelos momentos de incentivo e por acreditar no meu trabalho e em minha pessoa desde a graduação, o que resultou na parceria para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores componentes da banca: Prof. Dr. Álvaro Lorencini Junior, por aceitar o convite para as bancas de qualificação e defesa, e pelas valiosas contribuições para esta pesquisa; Prof. Dr. Lucken Bueno Lucas, pela contribuição na banca de qualificação e pelos ensinamentos e incentivo durante o mestrado; Profa. Dra. Roberta Negrão de Araújo, por ter aceitado prontamente o convite para a banca de defesa e por suas contribuições enriquecedoras.

Ao colegiado do PPGEN/UENP, em especial aos docentes que contribuíram para a minha formação e conseqüentemente para o desenvolvimento desta pesquisa, a partir dos ensinamentos nas disciplinas: Profa. Dra. Anncy Tojeiro Giordani, Prof. Dr. Carlos César Garcia Freitas, Prof. Dr. João Coelho Neto, Profa. Dra. Letícia Jovelina Storto, Prof. Dr. Lucken Bueno Lucas e Profa. Dra. Simone Luccas.

Aos estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), por terem colaborado participando da pesquisa.

Aos colegas da 2ª turma do PPGEN/UENP, *Campus* Cornélio Procópio, por terem compartilhado suas experiências e conhecimentos.

A minha amiga de graduação e mestrado Dayanne pela amizade e parceria e por, desde o início do mestrado, com muito carinho e disposição, ter me ajudado sempre no desenvolvimento deste trabalho.

A minha família, em especial a minha mãe, por ser o meu apoio em tudo na minha vida.

Por fim, e não menos importante, agradeço as minhas amigas de trabalho da secretaria do PPGEN Daniela e Milena por serem acolhedoras e pacientes comigo.

MACHADO, Thaynara Aparecida. **Ensino de botânica**: uma sequência didática para atualização dos conhecimentos acerca do estresse abiótico e da comunicação radicular de plantas no ensino superior. 2018. 101 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Ensino) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, 2018.

RESUMO

Este estudo foi motivado pela preocupação quanto à formação inicial de professores de Ciências e Biologia em relação ao ensino de Botânica, que muitas vezes é caracterizado por apresentar conteúdos complexos e de difícil assimilação. Para tanto, este trabalho teve como objetivo realizar uma transposição didática do conhecimento científico a respeito do estresse abiótico e comunicação radicular, por meio de uma sequência didática para os estudantes de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. A sequência, por sua vez, visou promover a atualização de tais conhecimentos científicos e contribuir para com o processo de formação inicial de professores. A sequência didática foi elaborada utilizando como base o saber científico de uma tese de doutorado, a partir da abordagem metodológica de ensino intitulada Três Momentos Pedagógicos. A mesma foi implementada com estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Norte do Paraná. A coleta de dados compreendeu as atividades avaliativas desenvolvidas, as quais foram analisadas à luz da Análise Textual Discursiva, a partir de quatro categorias de análise, a saber: a) noções relacionadas ao estresse abiótico; b) noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular; c) contribuições e limitações da sequência didática aplicada. Como resultado, os dados demonstraram contribuições para a aprendizagem do conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular, evidenciando o desenvolvimento destes conhecimentos científicos nas respostas dos licenciandos ao longo das atividades. Com efeito, a sequência didática permitiu aos futuros professores de Ciências e Biologia ter conhecimentos científicos que ainda não estão disseminados no meio acadêmico, apresentando noções próximas ao que é abordado pelo conhecimento científico recente. Além disso, possibilitou a contribuição para a formação inicial, pois permitiu a mobilização de diferentes saberes docentes, como seus saberes disciplinares, curriculares, pedagógicos e experienciais. Uma vez evidenciada tal mobilização, temos indícios de que os professores em formação possivelmente terão pré-requisitos para preparar uma aula nos moldes da sequência didática apresentada. Embora consideradas algumas limitações, houve uma significativa aceitação da proposta por parte dos acadêmicos, sugerindo a utilização desse material por outros professores mediante devidas adequações contextuais. Este trabalho apresenta como um de seus desdobramentos a possibilidade de que, em pesquisas futuras, uma nova aplicação seja realizada para alunos da Educação Básica, bem como preparar professores em formação inicial e/ou continuada para contextualizar conhecimentos científicos recentes em suas aulas, mediante os cuidados da transposição didática.

Palavras-chave: Ensino de Botânica. Fisiologia Vegetal. Formação inicial. Transposição didática. Sequência didática.

MACHADO, Thaynara Aparecida. **Botany teaching**: a didactic sequence for abiotic stress and root communication knowledge update in higher Education. 2018. 101 pages. Dissertation (Professional Master's Degree in teaching) – State University of Northern Paraná, Cornélio Procópio, 2018.

ABSTRACT

This study was motivated by the concern about the initial education of Science and Biology teachers in relation to Botany teaching, which is often characterized by presenting complex contents. In order to do so, this work had as an objective to make the didactic transposition of the scientific knowledge regarding the abiotic stress and radicular communication feasible, by means of a didactic sequence for the students of a Biological Sciences undergraduate course. The sequence, in turn, aimed to improve students' scientific knowledge and contribute to the process of their initial teaching education. The didactic sequence was developed based on the scientific knowledge of a doctoral thesis, based on the methodological approach of teaching, entitled Three Pedagogical Moments. This perspective was implemented with undergraduate Biological Sciences students from the State University of Northern Paraná. The data collection included the evaluation of activities developed, which were analyzed based on the Discursive Textual Analysis perspective, from four categories of analysis: a) knowledge related to abiotic stress; b) knowledge related to recent scientific knowledge of root communication; c) contributions and limitations of the didactic sequence. As a result, the data showed contributions to the learning of abiotic stress and root communication contents, highlighting the appropriation of this scientific knowledge in the answers in the activities. In fact, the didactic sequence allowed those students to build scientific knowledge that is not yet widespread in the academic sphere, presenting concepts close to what is approached by recent scientific studies. In addition, the sequence made possible the contribution to the students' initial education, since it allowed the mobilization of different types of teaching knowledge, such as their disciplinary, curricular, pedagogical and experiential knowledge. Once this mobilization is evidenced, we have indications that the teachers to be will possibly have prerequisites to prepare a lesson based on the didactic sequence. Even though some limitations were considered, there was a significant acceptance of the proposal by the academics, suggesting the use of this material by other teachers after they make appropriate contextual adjustments. This work presents as one of its consequences the possibility of a new application to be carried out with basic education students. Furthermore, it also indicates a possibility to better prepare teachers and teachers to be and to contextualize recent scientific knowledge in their classes by means of high standards in regards to didactic transposition.

Keywords: Botany Teaching. Plant Physiology. Initial education. Didactic transposition. Didactic sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema de Ensino	26
Figura 2 – Sistema Didático	26
Figura 3 – A vida social secreta das plantas	41
Figura 4 – Modelo experimental para o estudo de comunicação entre raízes	42
Figura 5 – Experimento para o estudo de comunicação entre raízes	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conhecer a matéria a ser ensinada.....	26
Quadro 2 – Perturbações fisiológicas e bioquímicas em plantas causadas por flutuações no ambiente abiótico	38
Quadro 3 – Efeitos apresentados na experimentação realizada por Franco (2017), onde “↓” refere-se à diminuição e “↑” aumento	44
Quadro 4 – Quadro geral da sequência didática baseada nos Três momentos pedagógicos.....	52
Quadro 5 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico e suas subcategorias e unidades de análise.	63
Quadro 6 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular e suas unidades.....	64
Quadro 7 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico	65
Quadro 8 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico	60
Quadro 9 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular	70
Quadro 10 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular	72
Quadro 11 - Categoria 03: Contribuições e limitações da sequência didática aplicada	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trabalhos sobre ensino de Botânica apresentados nos Congressos Nacionais de Botânica de 1995 a 2002.....	16
Tabela 2 – Revisão Sistemática da Literatura acerca do ensino de botânica, no período de 2007 a 2017	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
ATP	Adenosina Trifosfato
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CRA	Conteúdo Relativo de Água
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ERO	Espécies Reativas do Oxigênio
ETR	Taxa de Transporte de Elétrons
IBA	Ácido Indol-3-Butírico
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
POD	Peroxidase

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	FORMAÇÃO DE PROFESSORES E SABERES DOCENTES: Um olhar para formação inicial de professores de Ciências/Biologia	21
1.1	SABERES DOCENTES E FORMAÇÃO INICIAL.....	21
1.2	ESPECIFICIDADES FORMATIVAS DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS.....	24
2	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ATUALIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	29
2.1	SISTEMA DE ENSINO.....	31
2.2	PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	32
2.3	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES.....	35
3	ABORDAGEM DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ESTRESSE ABIÓTICO E COMUNICAÇÃO RADICULAR VEGETAL	37
3.1	ESTRESSE ABIÓTICO	37
3.2	CONHECIMENTO CIENTÍFICO ACERCA DA COMUNICAÇÃO RADICULAR	40
4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: elaboração e apresentação das atividades propostas	47
4.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	47
4.2	OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	48
4.3	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA PARA O CONTEÚDO DE ESTRESSE ABIÓTICO E COMUNICAÇÃO RADICULAR	49
4.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA SISTEMATIZADA.....	51
5	ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	56
5.1	ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	57
5.2	ANÁLISE PRÉVIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	58
5.3	PARTICIPANTES DA PESQUISA E INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS.....	59

5.4	ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA PARA ANÁLISE DOS DADOS.....	61
6	ANÁLISE DOS DADOS	63
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICES	91
	APÊNDICE A – Termo de consentimento dos estudantes	92
	APÊNDICE B – Avaliação diagnóstica	93
	APÊNDICE C – Situação problema.....	95
	APÊNDICE D – Avaliação formativa	96
	APÊNDICE E – Situação problema	98
	APÊNDICE F – Avaliação somativa	100
	APÊNDICE G – Avaliação da sequência didática atividades.....	102

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dessa pesquisa foi motivado pela preocupação quanto à formação inicial de professores de Ciências e Biologia para o ensino de Botânica. A partir de nossas experiências enquanto estudantes em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas e pesquisadores iniciantes na área do ensino, entendemos que o processo de ensino e a aprendizagem destes conteúdos se torna razão de apreensão por parte de professores e alunos¹.

A Botânica é uma subárea da Biologia que envolve muitas áreas de estudo, como a Fisiologia Vegetal, que estuda o funcionamento das plantas; a Morfologia e a Anatomia Vegetal que estudam respectivamente a forma e as estruturas internas das plantas; a Sistemática Vegetal, que estuda os critérios e as características que envolvem a classificação dos grupos vegetais; entre outras.

Em nossas experiências, vimos o desinteresse de alunos e a dificuldade de compreensão com relação aos conteúdos da Botânica. Do mesmo modo, diversos trabalhos têm demonstrado que o ensino de Botânica é caracterizado por apresentar dificuldades de aprendizagem para os alunos, devido ao fato de o conteúdo apresentar muitos termos técnicos, muitas vezes desatualizados, de difícil assimilação e que são transmitidos de maneira distante da realidade social. Além disso, pesquisas também indicam a dificuldade para o ensino destes conteúdos pelos próprios professores, que consideram a Botânica uma temática complexa (SILVA, 2008; FIGUEIREDO 2009; TOWATA; URSI; SANTOS, 2010; NASCIMENTO et al, 2017).

No entanto, é uma necessidade formativa dos professores do campo das Ciências Naturais que atuem no Ensino Fundamental e Médio que conheçam o conteúdo a ser ensinado. Entretanto, isto implica em ter conhecimentos profissionais muito diversos, que vão para além do que habitualmente se aborda nos cursos universitários — entre eles, ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas para poder proporcionar uma visão dinâmica e não fechada da ciência (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

¹ Nesta pesquisa, referimos como Alunos os que cursam a Educação Básica de Ensino, e como Estudantes/Licenciandos/Acadêmicos, os que cursam Ensino Superior – formação inicial.

Para que futuros professores de Ciências e Biologia, ao lecionarem suas disciplinas, não fiquem pautados apenas em conceitos dos livros didáticos, que podem conter erros conceituais, embora sejam importantes materiais de uso dos professores, acreditamos que estes devem ser estimulados desde a sua formação inicial a buscarem conhecimentos recentes, a fim de atualizar sua prática. No entanto, durante nossa experiência como estudantes de licenciatura, o que vemos durante o Ensino Superior são docentes que também pautam suas aulas somente no que os livros acadêmicos abordam, sem mencionar estudos recentes ou sem estimular seus estudantes a pesquisar acerca do que a comunidade científica vem abordando recentemente, o que pode contribuir para contextualizar e compreender determinados assuntos.

Além disso, vemos tanto a necessidade de que o professor busque por alternativas que facilitem e auxiliem nos processos de ensino e de aprendizagem, quanto que os futuros professores tenham uma formação inicial adequada relacionada aos conteúdos da Botânica, assim como à atualização desses conhecimentos.

Ao realizarmos buscas a respeito do ensino de Botânica, nos deparamos com o trabalho de Silva, Cavallet e Alquini (2005) o qual demonstra que havia uma escassa produção científica na área de ensino de Botânica no Brasil, que poderia auxiliar na melhoria do ensino dos conteúdos dessa área. Ao realizarem um levantamento em anais dos Congressos Nacionais de Botânica, os autores observaram que 127 trabalhos foram apresentados na sessão temática ensino de Botânica, no período de 1995 até 2002. Destes 127, aproximadamente 29% (Tabela 1) enfocaram o ensino para a graduação; os outros trabalhos, em sua maioria, contemplaram o Ensino Fundamental e Médio, ao passo que outros apresentaram materiais didáticos que possam ser utilizados por diferentes públicos.

Tabela 1 – Trabalhos sobre ensino de Botânica apresentados nos Congressos Nacionais de Botânica de 1995 a 2002

Ano	Total de trabalhos sobre o ensino de Botânica	Trabalhos com enfoque no ensino superior
2002	32	7
2001	24	8
2000	22	4
1999	10	1
1998	10	5
1997	11	3
1996	6	4
1995	12	5
Total	127	37
%	100	29,13

Fonte: Silva, Cavallet e Alquini (2005).

Passados mais de 10 anos da publicação de Silva, Cavallet e Alquini (2005), pudemos observar em um levantamento que realizamos no período de abril de 2017 a fevereiro de 2018, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), no portal de periódicos CAPES e nos periódicos de índices restritos da área de Ensino, *Qualis* A1, A2 e B1 (Quadriênio 2013-2016), que pouca produção na área do ensino de Botânica tem sido realizada².

O levantamento nas três bases de dados resultou na análise de 6.104 trabalhos, dos quais apenas 49 (0,8%) englobavam o ensino de Botânica nos diferentes níveis educacionais: Fundamental, Médio, Superior e espaços não formais. Ainda, dos trabalhos resultantes, 13 estão voltados para o Ensino Superior. A partir destes dados foi possível perceber que existe uma carência de trabalhos voltados ao ensino de Botânica, em um âmbito geral. Os dados podem ser visualizados na tabela 2:

² Levantamento completo submetido à revista Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (ENCITEC).

Tabela 2 – Revisão Sistemática da Literatura acerca do ensino de botânica, no período de 2007 a 2017

Base de dados	Total de trabalhos analisados	Trabalhos sobre ensino de botânica	Trabalhos com enfoque no Ensino Superior
IBICT	238	07	01
Portal de periódicos CAPES	37	12	04
Periódicos de índice restrito em Ensino Qualis A1, A2 e B1	5829	30	05
Total	6104	49	10

Fonte: dos autores (2018).

Os trabalhos apresentaram abordagens diferentes para o ensino de Botânica, de modo a diferenciar o ensino tradicional e buscar um maior interesse dos estudantes pela temática. Tais abordagens referem-se à utilização e elaboração de diferentes recursos didáticos, assim como de estratégias que estimulam a reflexão dos alunos, utilização de aulas práticas e aulas de campo. Alguns destes trabalhos englobam a elaboração destes recursos e estratégias didáticas por licenciandos em Ciências Biológicas, a fim de favorecer a formação inicial. Além disso, apresentam trabalhos que discutem as concepções de professores e estudantes de graduação sobre o ensino e a aprendizagem da Botânica, enquanto formadores e futuros docentes.

No entanto, nenhum dos trabalhos enfoca a temática para promover a atualização dos conhecimentos científicos recentes da Botânica, tampouco focam o ensino de conteúdos da Fisiologia Vegetal, destacando a carência de pesquisas nesta área. Desse modo, o ensino de Botânica apresenta um cenário propício a pesquisas que possibilitem o estabelecimento de relações coerentes com estratégias de ensino que utilizem a atualização de conhecimentos científicos para favorecer a formação inicial de professores.

Nesta perspectiva, configuramos a seguinte questão de pesquisa: Quais possíveis contribuições a elaboração de uma sequência didática sobre estresse abiótico e comunicação radicular poderiam promover no processo de aprendizagem desses conteúdos, no âmbito da formação inicial de professores de Ciências/Biologia?

Segundo Zabala (1998), das diferentes variáveis metodológicas, a opção de começar pelas sequências é justificada se levarmos em conta a principal importância das intenções educacionais na definição dos conteúdos de aprendizagem e, portanto, do papel das atividades que se propõem. Assim,

[...] a identificação das fases de uma sequência didática, as atividades que a conformam e as relações que se estabelecem devem nos servir para compreender o valor educacional que têm, as razões que as justificam e a necessidade de introduzir mudanças ou atividades novas que a melhorem (ZABALA, 1998 p. 54).

Nesse contexto, a atualização do conhecimento científico possui grande relevância, visto que, segundo Marandino (2005 p. 162), “[...] os processos e produtos da ciência e da técnica impregnam nosso cotidiano e [...] é fundamental que se promova a apropriação desses conhecimentos pela população como forma de inclusão social”. Desse modo, a autora considera Chevallard (1991) um autor essencial para compreensão do processo de transformação do conhecimento científico, em razão dele ser o principal responsável pela divulgação do conceito de transposição didática. Na perspectiva de Neves (2009), à luz de Chevallard, o objetivo da transposição didática é o de propiciar o contínuo processo de atualizações dos saberes escolares advindos dos saberes científicos.

Logo, a transposição didática é uma ferramenta que não só contribui para a atualização dos saberes escolares, mas que também pode contribuir para a formação de professores, a fim de que estes possam refletir sobre sua ação e prática de ensino, visto que sempre irão se deparar com conteúdos novos ao longo de sua jornada como docente. Desse modo, tal processo pode contribuir para compreender de que forma novos conhecimentos podem ser inclusos nas aulas, contextualizando os conteúdos de uma disciplina específica.

Conforme apontam Marandino, Selles e Ferreira (2009), a prática docente compreendida como uma simples reprodução de conhecimentos simplificados passa a ser reconhecida em seu caráter criativo de transformação dos conhecimentos científicos e acadêmicos em conhecimentos escolares. Assim, a transposição didática pode contribuir para o redimensionamento da formação inicial e das atividades de formação continuada.

Em vista disso, o objetivo geral desta pesquisa consistiu em realizar uma transposição didática do conhecimento científico a respeito do estresse abiótico e a da comunicação radicular, por meio de uma sequência didática, para estudantes de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas, a fim de promover a atualização destes conhecimentos científicos e contribuir para o processo de formação inicial de professores.

Assim, para atingir o referido objetivo geral, elencamos alguns objetivos específicos: a) construir e aplicar uma sequência didática para a atualização dos conhecimentos científicos de estresse abiótico e comunicação radicular, em uma turma do 4º ano de uma licenciatura em Ciências Biológicas; b) analisar as atividades dos estudantes que participaram da pesquisa e as contribuições e/ou limitações da aplicação da sequência didática.

Para tanto, no primeiro capítulo desta dissertação, abordamos os saberes mobilizados na prática docente e os aspectos associados à formação de professores, assim como as necessidades formativas dos professores da área das Ciências. No segundo capítulo, apresentamos as contribuições que a teoria da transposição didática, apresentada por Chevallard (1991), aportam para a atualização dos conhecimentos científicos no âmbito do Ensino Superior (Curso de Ciências Biológicas). Já no terceiro capítulo, discorreremos a respeito dos conteúdos de estresse abiótico e comunicação radicular, que fundamentaram a construção da nossa sequência didática, na promoção e atualização desses conhecimentos científicos. No quarto capítulo, apresentamos o referencial teórico e metodológico que utilizamos para a sistematização da sequência didática elaborada para esta dissertação (ZABALA, 1998) e a proposta pedagógica dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), assim como apresentamos brevemente a estrutura da sequência didática elaborada e as atividades propostas.

O quinto capítulo, por sua vez, abordará encaminhamentos metodológicos da pesquisa, elencando os procedimentos para a realização da revisão sistemática da literatura, análise prévia da sequência didática, o perfil dos participantes da pesquisa, o instrumento de coleta de dados e o referencial que nos baseamos para análise dos dados. No sexto capítulo, apresentamos a análise e discussão dos dados obtidos a partir da aplicação da sequência didática elaborada

como produção técnica educacional neste trabalho. Por fim, elencamos as considerações finais resultantes desta pesquisa e os referenciais utilizados.

1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E SABERES DOCENTES: UM OLHAR PARA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS/BIOLOGIA

A prática docente envolve a mobilização de diversos saberes, os quais são adquiridos por diversos meios. Além disso, algumas áreas do conhecimento necessitam de especificidades formativas para uma melhor atuação docente. Neste sentido, apresentamos neste capítulo os saberes mobilizados na prática docente, bem como aspectos associados à formação de professores e necessidades formativas dos professores de Ciências e Biologia.

1.1 SABERES DOCENTES E FORMAÇÃO INICIAL

Nos cursos de licenciatura, em geral, é esperado que além de conceder uma habilitação da profissão, formem professores e/ou colaborem com a prática docente. Para isso, as licenciaturas devem desenvolver nos estudantes (futuros professores) conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que contribuam para a formação da sua identidade profissional como docente (PIMENTA, 2000).

De acordo com Pimenta (2000) a identidade do professor constrói-se a partir dos significados sociais da profissão e também a partir da sua prática docente, dos valores que possui, da sua história de vida, dos seus saberes e das suas relações profissionais. No mesmo sentido, Tardif (2014) diz que os saberes do professor estão relacionados à realidade social da sua formação e também aos seus próprios saberes.

Desse modo, a formação da identidade profissional requer a mobilização de diversos saberes, os quais são advindos de diversas fontes. No âmbito do saber dos professores, vários autores buscam classificar tais saberes de modo a compreender melhor a prática de ensinar.

Conforme Tardif (2014) o professor possui um saber plural que provem de várias fontes, como seus saberes curriculares, os saberes de sua própria experiência profissional, os saberes disciplinares e os saberes da sua formação. Além disso, o saber do professor também é temporal, pois é adquirido no contexto de uma história de vida e de uma carreira profissional, estando diretamente relacionado com as interações dos alunos.

No mesmo sentido, para Gauthier et al (2013) a prática docente é formada por um reservatório, a partir do qual os professores se abastecem para lidar com as exigências apresentadas em sua realidade de ensino.

Os *saberes de formação profissional* são os disseminados pelas instituições de formação de professores, relacionados à prática do profissional da docência, por meio dos quais docentes entram em contato com as ciências da educação e também com as doutrinas ou concepções provenientes de reflexões acerca da prática pedagógica. Portanto, são os saberes que fornecem meios para ensinar ou aprender (TARDIF, 2014).

Gauthier et al (2013), apresentam estes saberes como *saber das ciências da educação*. São conhecimentos profissionais que informam a respeito de várias facetas de seu ofício ou da educação de um modo grau. É um saber profissional específico resultado do processo de formação inicial dos professores.

Para Pimenta (2000), não bastam os conhecimentos específicos ou a experiência para ensinar, mas também são necessários os *saberes pedagógicos e didáticos*. De acordo com a autora, os saberes pedagógicos se constroem na ação, a partir da prática que os confronta e os reelabora.

Os *saberes disciplinares* são os que correspondem aos diversos campos do conhecimento, que são encontrados integrados nas universidades, em forma de disciplinas (por exemplo, matemática, história, literatura, etc.), em faculdades, assim como em cursos distintos (TARDIF, 2014). Esses saberes são produzidos pelos pesquisadores e cientistas nas diversas disciplinas científicas. Portanto, o professor não produz esse saber, mas o reproduz (GAUTHIER et al, 2013).

Já os *saberes curriculares* correspondem aos discursos, objetivos, conteúdos e métodos que as instituições escolares categorizam e definem como meio para o professor aprender a aplicar (TARDIF, 2014). A escola seleciona e organiza saberes produzidos pelas ciências para serem ensinados nos programas escolares (GAUTHIER et al, 2013).

Ainda, os *saberes experienciais* são saberes específicos produzidos pelos próprios professores, a partir da sua própria vivência diária de ensinar. Portanto, advêm do seu cotidiano de trabalho e do meio em que estão inseridos, os quais incorporam-se sob suas habilidades, na forma de saber-fazer e de saber-ser

peçoais e profissionais (TARDIF, 2014).

Além de considerar como saberes da experiência aqueles que os professores produzem no seu cotidiano docente, Pimenta (2000), também considera como um saber da experiência aquele vindo de sua experiência como alunos que foram, de diferentes professores, em toda sua vida escolar.

Como o saber experiencial é de jurisprudência particular, resultado das experiências do cotidiano e da interpretação subjetiva de sua validade, para Gauthier et al (2013) ele se apresenta como um saber até certo ponto limitado, pois é feito de pressupostos e argumentos não verificados por métodos científicos.

Desse modo, Gauthier et al (2013) consideram o *saber da ação pedagógica*, o qual é construído a partir do momento que o saber experiencial do professor se torna público e é testado pelas pesquisas realizadas em sala de aula, ou seja, é a validação de um saber experiencial. Assim, para profissionalizar o ensino é fundamental identificar saberes de ação pedagógica e estimular que outros atores sociais aceitem estes saberes.

Além de todos estes saberes, Gauthier et al (2013) apresentam outra classe de saberes, os *saberes de tradição pedagógica*. Estes referem-se à maneira de dar aulas que se materializou como *tradição pedagógica* e que está presente desde as nossas lembranças de infância até o cotidiano das escolas atuais. Esses saberes podem ser adaptados e modificados pelo saber experiencial, e validado ou não pelo saber de ação pedagógica. Portanto, “*Produzir a vida do professor* implica valorizar, como conteúdos de sua formação, seu trabalho crítico-reflexivo sobre as práticas que realiza e sobre suas experiências compartilhadas” (PIMENTA, 2000 p. 33, grifos da autora).

Neste sentido, a formação de professores, inicial e continuada, envolve o processo de autoformação a partir da reelaboração constante dos saberes que realizam em sua prática, confrontados diante suas experiências no âmbito escolar, e envolve também o processo de formação nas instituições escolares em que atuam (PIMENTA, 2000).

Logo, faz-se importante que a formação inicial possibilite ao futuro professor ir construindo seus saberes-fazeres docentes, adequando-os às especificidades formativas da sua área de formação.

1.2 NECESSIDADES FORMATIVAS DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

As disciplinas de Ciências e Biologia são marcadas historicamente por inúmeras críticas relacionadas a um ensino que favorece a descrição e a memorização, constituído por aulas e avaliações consideradas pouco significativas para que os estudantes possam realizar conexões com finalidades além dos conhecimentos biológicos (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

No entanto, de acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), existe um senso comum pedagógico na área do ensino de Ciências de que a apropriação do conhecimento ocorre pela mera transmissão mecânica de informações.

Isso é relatado pela literatura como função transmissora de conhecimento científico e tecnológico, até porque, enquanto professores de ciências, “[...] *somos inúmeras vezes questionados por não acompanharmos adequadamente tanto o crescimento quanto a lógica de produção dos conhecimentos das Ciências Biológicas*” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 29).

Assim, para que o ensino de Ciências possa ser eficaz, é importante que as abordagens metodológicas utilizadas durante as aulas busquem despertar o interesse dos alunos. Dessa maneira, existe a necessidade de utilização de estratégias de ensino que visem apresentar ao aluno uma Ciência concreta, relativa ao seu convívio sócio-cultural, e que permita a ele compreender, contextualizar e intervir sobre ela (CACHAPUZ et al., 2005). Nesse contexto, ensinar Ciências e Biologia na Educação Básica apresenta-se como uma tarefa complexa (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009), que cada vez mais demonstra a necessidade de mudanças diante a prática docente.

Desse modo, além dos saberes mobilizados durante a prática docente, mencionados anteriormente, o ensino das Ciências Naturais requer especificidades a serem consideradas, visando à aprendizagem dos alunos em relação a esta área de ensino.

O ensino de Ciências tem como pressuposto uma “*ciência para todos*”, a qual vise formar alunos sob uma perspectiva crítica da ciência, de modo que os conhecimentos sejam incorporados no contexto social e não apenas para formar cientistas, visto que não deve ser ensinada com uma visão fechada e ser

disseminada apenas no espaço escolar (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Além disso, cada vez mais, os conhecimentos científicos fazem-se presentes no nosso cotidiano, pois surgem diariamente por meio das redes de informação, como a Internet, que é um dos principais meios em que os jovens podem ter acesso a tais conhecimentos. Com efeito, no ensino de Ciências, a prática docente precisa levar em conta não só os conteúdos presentes nos currículos, mas também relacioná-los aos conhecimentos disseminados no cotidiano dos alunos.

Não obstante, o que se observa durante a prática pedagógica e, inclusive, é apresentado em alguns estudos, é que a maioria dos professores das Ciências Naturais ainda permanece seguindo apenas as informações contidas nos livros didáticos, de forma expositiva, para que os alunos memorizem informações isoladas dos conteúdos tradicionalmente abordados (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Apesar de existir uma tendência para eliminação de sérios equívocos presentes nos livros didáticos, pesquisas realizadas desde a década de 1970 apontam para suas deficiências e limitações. Neste sentido, esta não deve ser a única fonte do professor para o planejamento da sua prática pedagógica (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Diante a complexidade que é ensinar Ciências, Carvalho e Gil-Pérez (2011) defendem uma orientação da prática pedagógica como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente e apresentam algumas necessidades que devem ser consideradas na formação do professor do campo das Ciências, como: a) a ruptura com visões simplistas sobre o ensino de Ciências; b) conhecer a matéria a ser ensinada; c) questionar as ideias docentes de “senso comum” sobre o ensino e aprendizagem das Ciências; d) adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências; e) saber analisar criticamente o “ensino tradicional”; f) saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva; g) saber dirigir o trabalho dos alunos; h) saber avaliar e i) adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa.

Estas especificidades formativas constituem um conjunto necessário para a formação do professor de Ciências, as quais devem ser consideradas tanto

na formação inicial, quanto na formação continuada. No entanto, cada uma delas exige conhecimentos muito diversos.

Mesmo que pareça um tanto quanto óbvio que o conhecimento do conteúdo é indispensável para a formação do professor, esse item possui particularidades que, muitas vezes, não são levadas em consideração durante a prática docente.

De acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2011), trabalhos investigativos mostram que a falta de conhecimentos da matéria é um agravante, pois o professor se transforma em um transmissor mecânico dos conteúdos. Conhecer o conteúdo da disciplina implica possuir conhecimentos para além do que habitualmente se contempla nos cursos universitários, tais como:

Quadro 1 – Conhecer a matéria a ser ensinada

A. Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos (sem o que os referidos conhecimentos surgem como construções arbitrárias). Conhecer, em especial, quais foram as dificuldades e obstáculos epistemológicos (o que constitui uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos alunos).
B. Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos, isto é, a forma como os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação das teorias científicas.
C. Conhecer as orientações Ciência/Tecnologia/Sociedade associadas à referida construção, sem ignorar o caráter, em geral, dramático, do papel social das Ciências; a necessidade da tomada de decisões.
D. Ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, para poder transmitir uma visão dinâmica, não fechada, da Ciência. Adquirir, do mesmo modo, conhecimentos de outras matérias relacionadas, para poder abordar problemas afins, as interações entre os diferentes campos e os processos de unificação.
E. Saber selecionar conteúdos adequados que deem uma visão correta da Ciência e que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse.
F. Estar preparado para aprofundar os conhecimentos e para adquirir outros novos.

Fonte: Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 25).

Neste contexto, conhecer o conteúdo da disciplina vai muito além do que a mera reprodução do exposto nos livros didáticos e materiais de apoio. Para um bom conhecimento da Ciência, é necessário um aprofundamento pelo professor. Todavia, os professores não são estimulados a buscar por esse aprofundamento, e acabam repetindo o que aprenderam como alunos, ao longo dos anos, durante sua formação escolar e acadêmica.

Assim, cabe aos docentes formadores, seja na formação inicial ou continuada, incentivar a busca por estes conhecimentos para que os professores possam contribuir para a aprendizagem dos alunos, no perfil atual.

Porém, a formação de professores de Ciências não parece ter dado conta ainda da mudança ocorrida no perfil dos alunos das escolas. Na maioria dos cursos de formação em licenciatura, a formação de professores ainda está mais próxima dos anos 1970 (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Por conseguinte, há uma necessidade de que a formação inicial e continuada de professores seja revista, para promover as condições essenciais para o ensino de Ciências. De acordo com Somavilla e Zara (2016), quando tais condições são consolidadas na prática, contribuem para o desenvolvimento crítico e criativo dos alunos, e em um sentido mais amplo, atendem às novas exigências da sociedade, que clama por um desenvolvimento científico e tecnológico.

Diante disto,

Estar em sintonia com a produção contemporânea – para além daquela que tradicionalmente é abordada – e com os resultados da pesquisa em ensino de Ciências é algo imprescindível para uma atuação docente consistente, seja a dos professores de Ciências, seja a de seus formadores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 23, grifos dos autores).

Desse modo, ter conhecimentos científicos desenvolvidos recentemente e suas perspectivas é importante para poder proporcionar aos alunos uma visão mais dinâmica, não fechada da Ciência. Assim como, relacioná-los aos conhecimentos de outras áreas, para abordar as interações existentes entre elas, de forma a evitar uma imagem estagnada dos conteúdos (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Contudo, mesmo que esse conhecimento seja fundamental, para ensinar é preciso muito mais do que conhecer a matéria (GAUTHIER et al, 2013). Para um ensino eficaz, é necessário que os conhecimentos científicos sejam alinhados com os conhecimentos pedagógicos, assim como os outros saberes que lhes são necessários, a fim de que o professor busque estratégias relevantes para o ensino do conteúdo e favoreça a prática docente (DARLING-HAMMOND, 2014; GAUTHIER et al, 2013).

Logo, desenvolver atividades que contribuam para a atualização de conhecimentos científicos recentes, desde a formação inicial, pode encorajar os professores de Ciências a desenvolver atividades que façam os alunos pensarem criticamente e com profundidade sobre o papel da ciência no mundo moderno.

Diante dos diversos saberes a serem mobilizados durante uma adequada prática docente, consideraremos, além dos conhecimentos específicos de Botânica que serão abordados em nossa sequência didática, as dimensões pedagógicas do ensino e da aprendizagem desses conteúdos, conforme orienta a literatura de formação de professores evidenciada nesta pesquisa.

2 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ATUALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS RECENTES NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Conforme abordado no primeiro capítulo desta dissertação, a prática docente envolve a mobilização de diversos saberes advindos de diversas fontes. Logo, para o ensino de Ciências é necessária a mobilização de saberes específicos, desde a formação inicial do professor, para conferir uma boa prática docente, tal como ter conhecimentos dos desenvolvimentos científicos recentes.

Diante disso, neste capítulo buscamos apresentar possíveis contribuições da transposição didática apresentada por Chevallard (1991) para a atualização dos conhecimentos científicos para que o professor possa refletir sobre sua ação e analisar sua prática de ensino, visto que a transposição didática trata das transformações ocorridas a partir da produção dos saberes científicos até chegarem aos saberes escolares, que resultam no saber que o professor aborda em sala de aula.

O conceito de transposição didática foi desenvolvido inicialmente por Michel Verret, em 1975 e introduzido na didática da matemática por Yves Chevallard e depois na didática das ciências. Este conceito foi amplamente divulgado a partir do trabalho de Yves Chevallard e Marie-Albert Joshua intitulado “Um exemplo de análise da transposição didática: a noção de distância”, publicado em 1982.

Para Chevallard (1991, p. 45):

Um conteúdo de saber que tem sido designado como saber a ensinar, sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os *objetos de ensino*. O “trabalho” que transforma de um objeto de saber a ensinar em objeto de ensino é denominado *de transposição didática*. [grifos do autor - tradução nossa]

Essas transformações que ocorrem de um conteúdo de conhecimento preciso para uma versão didática de conhecimento a ser ensinado podem ser denominadas “transposição didática *stricto sensu*” (CHEVALLARD, 1991).

Segundo Chevallard, os saberes podem ser classificados em três níveis: o saber sábio, o saber a ser ensinado e o saber ensinado. O saber sábio é o advindo da produção do conhecimento científico, que possui uma linguagem e

formatação própria na qual o cientista está inserido. Para que seja ensinado, o saber sábio é adaptado para se tornar um saber a ser ensinado, tornando-se assim um conhecimento escolarizável. O saber a ser ensinado ao ser transmitido em sala de aula pelo professor transforma-se em um saber ensinado, o qual é um processo pessoal, de cada professor, pois leva em consideração a intersubjetividade da sua prática.

Essas transformações, portanto, ocorrem em dois momentos: a transposição didática externa e interna. Na transposição didática externa, o saber sábio é selecionado externamente ao meio escolar, e é transformado em saber a ser ensinado, a partir de regras que se estabeleceram com o tempo. A transposição didática interna ocorre no próprio ambiente escolar, no qual o saber a ser ensinado é realmente ensinado na sala de aula por meio da abordagem pedagógica selecionada pelo professor, transformando-se assim em saber ensinado (ALVES FILHO, 2000; NEVES, 2009).

Um saber, ao se tornar um saber a ser ensinado ou ensinado, deve manter semelhanças com saber original, adquirindo significados próprios para o ambiente escolar, sem ocorrer deformações. Desse modo, a transformação dos saberes não deve ocorrer por meras simplificações, estes devem ser adaptados conforme a necessidade específica de ensino (NEVES, 2009).

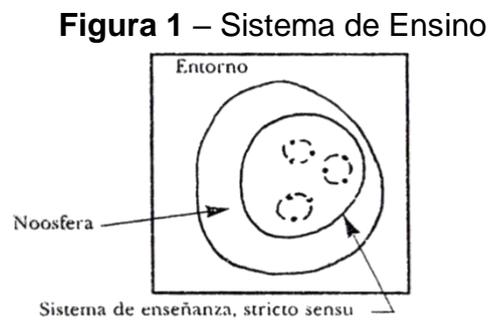
De acordo com Chevallard, a existência da transposição didática está atrelada ao princípio da *vigilância epistemológica*, o qual consiste em evitar que durante a transposição ocorra uma deformação no processo de didatização dos saberes e que os mesmos percam seus significados em relação aos saberes que lhes deram origem. É relevante salientar que tanto o pesquisador que elabora o conteúdo, quanto o professor podem aplicar tal princípio. Nesse sentido a transposição didática é:

[...] uma ferramenta que permite recapacitar, tomar distância, 'interrogar as evidências, por em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa do seu objeto de estudo. Em uma palavra, é o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica (CHEVALLARD, 1991, p.16, tradução nossa).

Assim, analisar a evolução do saber que se encontra na sala de aula por meio da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora (NEVES, 2009). Segundo Chevallard (1991), isto equivale à necessidade constante do professor exercer uma vigilância epistemológica na prática pedagógica.

2.1 SISTEMA DE ENSINO

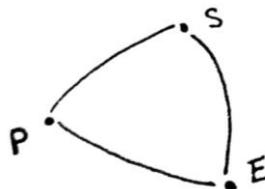
As transformações que ocorrem na transposição didática podem ser mais bem compreendidas pelo que Chevallard denominou *Sistema de Ensino* (Figura 1).



Fonte: Chevallard (1991, p.29).

No centro deste sistema, encontra-se o chamado Sistema Didático (Figura 2), que é representado por seus três lugares: *P* representa o professor; *E* representa os estudantes e *S* representa o saber ensinado.

Figura 1 – Sistema Didático



Fonte: Chevallard (1991, p.29).

No entorno de um saber, forma-se um contrato didático que reúne docentes e alunos, tornando esse saber como um objeto de ensino e aprendizagem.

No entorno do sistema didático é formado um sistema de ensino, que reúne um conjunto de sistemas didáticos, além de um conjunto diversificado de estruturas que permitem o funcionamento didático e que intervêm em diversos níveis (CHEVALLARD, 1991).

Por sua vez, o sistema de ensino possui um entorno composto pela sociedade, constituída pelos especialistas, as famílias dos alunos e as instâncias políticas de decisão. A periferia do sistema de ensino, o sistema de ensino *stricto sensu*, dá lugar à *noosfera*, uma instância essencial para o funcionamento didático (CHEVALLARD, 1991).

É a noosfera que faz a seleção do saber sábio que será adaptado em saber a ser ensinado. Esta é composta pelos representantes do sistema de ensino e da sociedade, tais como especialistas das áreas do conhecimento do saber sábio, representantes da sociedade, como políticos, pais de alunos (CHEVALLARD, 1991).

A nooesfera, portanto, é o centro operacional da transposição, atuando na seleção e na transposição didática do saber selecionado. Realiza o trabalho de elaborar um novo texto de saber, inserindo uma estratégia de ataque às dificuldades de aprendizagem (CIVIERO, 2009).

2.2 PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Existem saberes ensináveis (e ensinado) e saberes não ensináveis, ou ao menos, não escolarizáveis (CHEVALLARD, 1991). Neste sentido, apresentamos os cinco elementos do processo da transposição didática, descritos por Verret em 1975 e aprofundados por Chevallard, os quais são visíveis na textualização dos saberes e que indicam o que são os saberes escolarizáveis e que caracterizam o trabalho da transposição didática.

O primeiro elemento da transposição didática é a *desincretização do saber*, a qual consiste na divisão do saber em campos do saber delimitados, dando lugar a práticas de aprendizagem especializadas, ou seja, para se tornar um saber escolarizável, este não será da mesma forma na qual foi produzido (CHEVALLARD, 1991).

Esse saber será particionado, de forma que cada saber parcial se expresse num discurso autônomo. Assim, o texto do saber tomará moldes que o tornará um texto mais didático, caracterizando-o como um saber descontextualizado do saber original (CHEVALLARD, 1991).

O segundo requisito, é a *despersonalização do saber*, no qual a pessoa/autor é separada da sua atividade de descoberta tornando público o saber que teve uma origem privada (NEVES, 2009).

De acordo com Chevallard:

A textualização conduz, em segundo lugar, a dissociação entre o pensamento, enquanto o expressa com subjetividade e suas produções discursivas; o sujeito fica afastado de suas produções e o saber está então, submetido a uma transformação no sentido de despersonalização (CHEVALLARD, 1991, p.71, tradução nossa).

Neste sentido, um saber torna-se universal, sem anular a história dos saberes. A despersonalização permite recontextualizar o saber para uma situação próxima do aluno, pois como o saber torna-se universal, pode ser aplicado a contextos distintos (NEVES, 2009).

O terceiro elemento é a *programabilidade da aquisição do saber*, a qual resulta na programação das aprendizagens e do controle das sequências de ensino. Para Neves (2009), ao estabelecer a programabilidade do saber em uma textualização, se assume que a aquisição do saber ocorra de maneira progressiva e racional, seguindo o desenvolvimento do discurso utilizado no texto.

No entanto, para Chevallard, mesmo sendo necessário que o processo de aprendizagem seja sequencial, a ordem da aprendizagem não ocorre da mesma forma em relação à ordem de exposição do saber, pois “*a aprendizagem do saber não é um apoio do texto do saber*” (CHEVALLARD, 1991, p. 74).

O quarto elemento consiste na publicidade do saber, a qual tem por função explicitar por meio de definições as compreensões e extensões do saber a transmitir, ou seja, nada mais é do que a divulgação do saber. Desse modo, se conhecem quais são as finalidades dos assuntos textualizados (CHEVALLARD, 1991; NEVES, 2009).

O quinto e último elemento é o *controle social das aprendizagens*, que consiste um controle regulado da aprendizagem por procedimentos de

verificação que autorizam a certificação dos conhecimentos especializados (CHEVALLARD, 1991).

De acordo com Neves (2009), o controle social das aprendizagens permite ao professor avaliar a aprendizagem do saber apresentado ao aluno. Além disso, a autora apresenta um exemplo desse controle por meio da seleção de conteúdo:

[...] quando o professor separa do conteúdo o que considera mais importante e põe à prova esta seleção, é uma indicação de que o controle exercido por ele predomina em relação aos interesses dos alunos. A seleção que faz do conteúdo é possível desde que a textualização seja linearizada e compreenda uma duração didática praticável. Este controle sob o conteúdo, o que ele considera como sendo mais importante para os alunos, é um exemplo de controle social da aprendizagem (NEVES, 2009, pp. 35-36).

Conforme apresentado por Chevallard (1991), esses requisitos fazem parte do processo de preparação didática, os quais são inseridos em um texto de saber. No entanto, o controle social da aprendizagem não é evidenciado necessariamente no texto didático. Desse modo, muitos autores elencam os quatro primeiros requisitos como indispensáveis.

Na didática das ciências, também se leva em consideração as práticas sociais de referência. De acordo com Astolfi e Develay (1995), ao sistematizar a transposição didática, deve-se partir de atividades sociais diversas que podem ser utilizadas como referências a atividades científicas escolares para resolver problemas e desenvolver métodos e atitudes.

Tais atividades podem ser atividades de pesquisa, de engenharia de produção, atividades domésticas e culturais, entre outras. Por exemplo, no caso das disciplinas de Biologia, as práticas sociais de referência serão as do botânico, do zoólogo, do médico, do veterinário, entre outras (CARVALHO, 2009).

Como resultado a textualização dos saberes originará um texto didático. Em muitos casos, por meio de descrições detalhadas, esses textos recuperam o trabalho experimental do cientista, dispensando a necessidade de refazer o experimento científico (ALVES FILHO, 2000).

2.3 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Como abordado neste capítulo, a transposição didática ocorre no âmbito do saber escolar, portanto tais saberes possuem diferenças dos saberes das disciplinas acadêmicas. No entanto, mesmo que os saberes de tais disciplinas estejam mais próximos dos conhecimentos científicos, neles também ocorrem transformações para que sejam ensinados no Ensino Superior (MARANDINO, SELLES, FERREIRA, 2009).

Neste sentido, isso significa dizer que:

[...] os conhecimentos acadêmicos são produzidos em meio a finalidades próprias das diferentes instituições universitárias, as quais orientam a escolha, a organização e a transformação dos conhecimentos científicos a ser ensinados (MARANDINO, SELLES, FERREIRA, 2009, p. 93).

Desse modo, para as autoras, existem de fato diferenças entre os conhecimentos escolares e acadêmicos, porém estes também se distinguem dos saberes científicos.

Assim, a transposição didática pode redimensionar a formação inicial e as atividades de formação continuada, pois a prática docente que era “[...] compreendida como um espaço de simples ‘reprodução’ de conhecimentos simplificados passa a ser reconhecida em seu caráter criativo de transformação dos conhecimentos científicos e acadêmicos em conhecimentos escolares” (MARANDINO, SELLES, FERREIRA, 2009, p. 94, grifos das autoras).

Para Alves Filho (2000):

[...] a transposição didática descreve um processo de modificação pelo qual o saber é submetido até se tornar conteúdo de ensino. Negá-la ou ignorá-la é aceitar os conteúdos científicos contidos nos livros textos como uma reprodução fiel da produção científica do homem. Ter consciência da transposição didática, bem como da importância das práticas sociais de referência é de suma importância para o professor que pretende desenvolver um ensino mais contextualizado e com conteúdos menos fragmentados do que aqueles dos livros textos (ALVES FILHO, 2000, p. 178).

Nesse contexto, a transposição didática pode contribuir para a socialização de conteúdos científicos que são produzidos pelo saber sábio e que não são explorados no saber ensinado pelos professores e pela escola (ABENSUR; TERÁN, 2009).

Por conseguinte, levar em consideração os cuidados e requisitos apresentados pela transposição didática é importante não só para os saberes escolares (da Educação Básica), mas também para os saberes acadêmicos, a serem ensinados na formação de professores.

Tendo conhecimento de tais princípios (como o da vigilância epistemológica), os docentes formadores e professores podem apresentar a seus alunos temáticas científicas desenvolvidas recentemente, com a finalidade de atualizar os conhecimentos científicos dos conteúdos e estimular os futuros professores inserirem essa abordagem em suas práticas pedagógicas.

Como mencionado no primeiro capítulo, adquirir conhecimentos científicos desenvolvidos recentemente e suas perspectivas é importante para poder proporcionar aos alunos uma visão mais dinâmica, não fechada da Ciência (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Em nossa dissertação, buscamos abordar os conhecimentos científicos recentes de comunicação radicular de plantas na formação inicial de professores, considerando os cuidados apresentados por Chevallard para que não se perca a essência de como esse conhecimento foi produzido,

3 ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ESTRESSE ABIÓTICO E COMUNICAÇÃO RADICULAR VEGETAL

Partindo do objetivo de possibilitar a atualização dos conhecimentos para estudantes da disciplina de Fisiologia Vegetal, pensamos em abordar o tema da comunicação radicular de plantas, que é um assunto que vem sendo estudado nos últimos anos por pesquisadores nacionais e internacionais e que ainda não é abordado nos cursos de Ciências Biológicas. Para isso, utilizamos como fundamentação as considerações da transposição didática de Chevallard e os conhecimentos científicos trazidos na tese de Franco (2017), intitulada: *Comunicação radicular induzida por diferentes tipos de substâncias químicas*.

Em sua tese, o autor apresenta o desenvolvimento da pesquisa realizada em seu doutorado e um vasto referencial teórico acerca de estudos relacionados à temática, no qual nos baseamos para a textualização deste capítulo.

Para contextualizar o assunto de comunicação radicular a partir de conteúdos presentes nos livros acadêmicos utilizados pelos estudantes, utilizamos o conteúdo de estresse abiótico, que vai ao encontro do que é abordado na pesquisa desenvolvida por Franco e também dos referências que o pesquisador contempla no decorrer de seu trabalho.

A seguir apresentamos os conteúdos de estresse abiótico e comunicação radicular, que fundamentaram a construção da nossa sequência didática para promover a atualização destes conhecimentos científicos.

3.1 ESTRESSE ABIÓTICO

Os vegetais são organismos vivos que apresentam hábito de vida sésstil, logo, estão sujeitos a diversas alterações bióticas e abióticas no espaço que ocupam. Desse modo, esses seres vivos desenvolveram mecanismos de sobrevivência e desenvolvimento, visto que a capacidade de resistir aos eventos estressantes aos quais estarão sujeitos durante seu ciclo de vida, é fundamental para o sucesso da espécie (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Assim, ao longo do tempo, os vegetais podem desenvolver adaptações ao ambiente em que vivem. Essas adaptações ocorrem a partir de

mudanças genéticas na população por meio da seleção natural. No entanto, indivíduos de uma população podem responder às mudanças ambientais que podem ser benéficas ou prejudiciais, o que pode ocasionar alterações fisiológicas, anatômicas e morfológicas no vegetal. Nesse sentido, quando o vegetal é exposto a uma condição/fator estressante, pode ativar várias respostas que lhe permita enfrentar perturbações ocasionadas por essas condições. Esse tipo de resposta é denominado de resposta ao estresse. Já exposições repetidas à nova condição ambiental são definidas como uma resposta de aclimação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As alterações ocasionadas devido à resposta ao estresse abiótico nos indivíduos são permitidas a partir da plasticidade fenotípica e representam mudanças não permanentes na fisiologia ou morfologia do indivíduo e podem ser revertidas se as condições ambientais prevaletentes mudarem. Portanto, a adaptação genética e a plasticidade fenotípica podem contribuir quanto à tolerância global da planta no seu ambiente abiótico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Diferentes fatores abióticos podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, tais como: inundação, seca, radiação UV elevada, salinidade, metais pesados, além de temperaturas altas e baixas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os desequilíbrios desses fatores abióticos no ambiente causam efeitos primários e secundários nas plantas, que estão exemplificados no Quadro 01.

Quadro 2 – Perturbações fisiológicas e bioquímicas em plantas causadas por flutuações no ambiente abiótico.

FATOR AMBIENTAL	EFEITOS PRIMÁRIOS	EFEITOS SECUNDÁRIOS
Déficit hídrico	Redução do potencial hídrico Desidratação celular Resistência hidráulica	Redução da expansão celular/foliar Redução das atividades celulares e metabólicas Fechamento estomático Inibição fotossintética Abscisão foliar Cavitação Morte celular ...
Salinidade	Redução do potencial hídrico Desidratação celular Citotoxicidade iônica	O mesmo que para déficit hídrico
Inundação e compactação do solo	Hipoxia Anoxia	Redução da respiração Metabolismo fermentativo Produção de ATP inadequada Produção de toxinas por micróbios anaeróbios

		Produção de ERO Fechamento estomático
Temperatura elevada	Desestabilização de membranas e de proteínas	Inibição fotossintética e respiratória Produção de ERO Morte celular
Resfriamento	Desestabilização de membranas	Disfunção de membranas
Congelamento	Redução do potencial hídrico Desidratação celular Formação simplástica de cristais de gelo	O mesmo que para déficit hídrico Destruição física
Toxicidade por elementos-traço	Distúrbio de cofator de ligação e proteínas e DNA Produção de ERO	Disrupção do metabolismo
Intensidade luminosa alta	Fotoinibição Produção de ERO	Inibição do reparo do PSII Redução da fixação de CO ₂

Fonte: adaptado de Taiz e Zeiger (2013, p.756).

Entre os diferentes tipos de alteração, Franco (2017) aponta em seu trabalho a deficiência hídrica, acúmulo de compostos alelopáticos, acúmulo de substâncias herbicidas e a sinalização por hormônios vegetais.

A deficiência hídrica pode ser ocasionada por períodos de seca e alterações osmóticas no solo. Para analisar o que a deficiência hídrica ocasiona nas plantas, muitos pesquisadores utilizam-se do manitol, que é um composto geralmente usado para simular a deficiência hídrica, pois apresenta característica inerte e não tóxica (ÁVILA et al, 2007). A partir da sua aplicação, é possível observar a ocorrência da redução do crescimento de plantas, levando à baixa estatura e baixa fertilidade e, quando o vegetal não apresenta tolerância, o rendimento energético também é reduzido (NASER; SHANI, 2016; SILVESTRE et al, 2017).

Visto que os processos fisiológicos em plantas são dependentes do nível de hidratação das células e tecidos, mecanismos de ajuste para o equilíbrio da absorção, transporte e perda de água são fatores fundamentais para o estabelecimento de diferentes grupos de plantas que compõem formações vegetais com diferentes condições de disponibilidade hídrica. Além disso, quando a água passa a ser um recurso limitante, as espécies que se estabeleceram no ambiente ao longo de seus períodos evolutivos podem apresentar diferentes mecanismos de adaptação ou aclimatação à indisponibilidade hídrica, tal como mecanismos de tolerância a períodos com baixa disponibilidade hídrica e baixa umidade, o que pode ser um fator determinante para que uma espécie ocupe uma determinada região (NATHAN et al., 2016).

Para compreender melhor de que forma se dá o desenvolvimento e o metabolismo das plantas, atualmente a fisiologia vegetal conta com recursos da biologia molecular, os quais podem auxiliar na descoberta de aspectos fisiológicos das alterações abióticas, como a deficiência hídrica, atividade alelopática e fitotoxicidade de herbicidas. Então, a partir da expressão gênica pode-se monitorar a alteração na expressão do gene causada pelo fator estressante, o que pode indicar possíveis alterações na via bioquímica atingida (FRANCO, 2017).

Por exemplo, o crescimento de raiz é um aspecto mais afetado por diferentes tipos de alterações abióticas, tais como a deficiência hídrica, ação herbicida e alelopatia, uma vez, que as raízes estarão envolvidas diretamente com as substâncias aplicadas, no caso do efeito herbicida e alelopático, ou com a falta de água (FERREIRA; AQUILA, 2000; PRATES et al., 2000). Portanto, quando a alteração abiótica interfere no desenvolvimento de raízes, a expressão de genes relacionados a este parâmetro será alterada.

3.2 COMUNICAÇÃO VEGETAL

Diante da diversidade de eventos estressantes a que os vegetais podem estar sujeitos durante o seu ciclo de vida, a capacidade de resistir a eles é determinante para o sucesso da espécie. Dito isso, a comunicação vegetal pode ter importante função de processamento dessas informações (GROSS, 2016), pois a sinalização após um evento estressante recebida de uma planta vizinha que já está sob efeito do estresse pode levar à ativação de mecanismos de tolerância, antes de ser exposta a condição adversa.

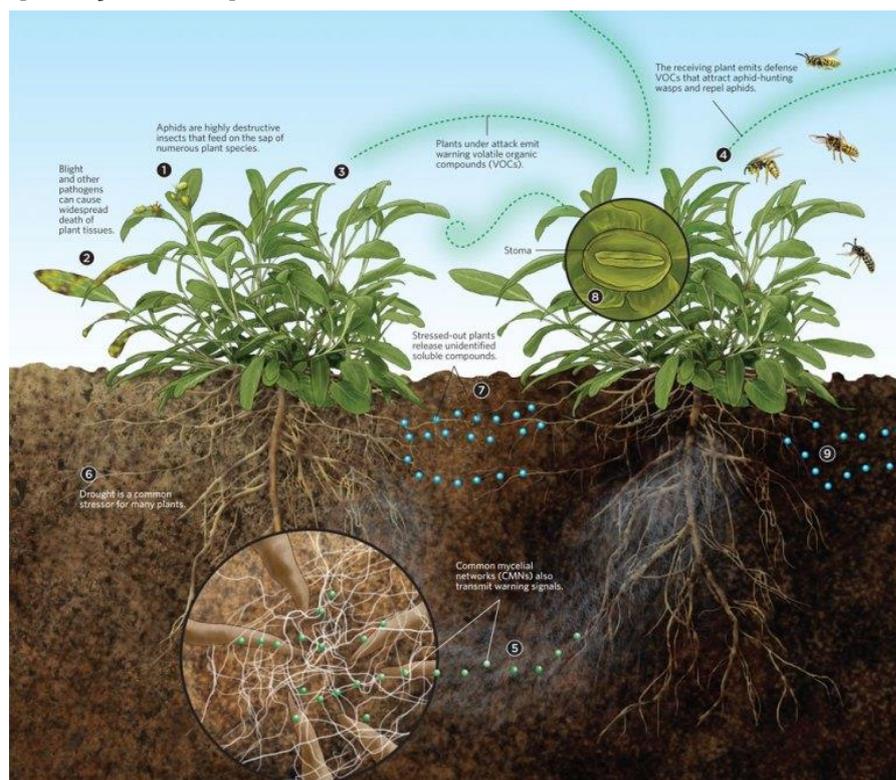
Como as plantas não apresentam mobilidade, os mecanismos de defesa e de comunicação são os mesmos, por volatilização na parte aérea e pela exsudação radicular, os quais liberam compostos químicos produzidos em diferentes tecidos e órgãos (GROSS, 2016; VENTURI; KEEL, 2016).

A volatilização é o tipo de comunicação vegetal mais relacionada aos benefícios ecológicos das populações vegetais. É um mecanismo utilizado para atração de polinizadores e para evitar herbivoria. Já a exsudação radicular é importante não só para a comunicação entre os vegetais, mas também é importante para a interação entre planta e micro-organismos. Um fator importante para que

ocorra comunicação radicular é que as raízes das plantas vizinhas ocorram no mesmo local, pois ainda que haja o distanciamento da parte aérea, o crescimento de raízes ocorre de maneira radial, possibilitando o contato com raízes de outras plantas vizinhas o que propicia a ocorrência eficiente da comunicação química (FRANCO, 2017).

A figura 3 exemplifica diferentes formas de comunicação entre as plantas.

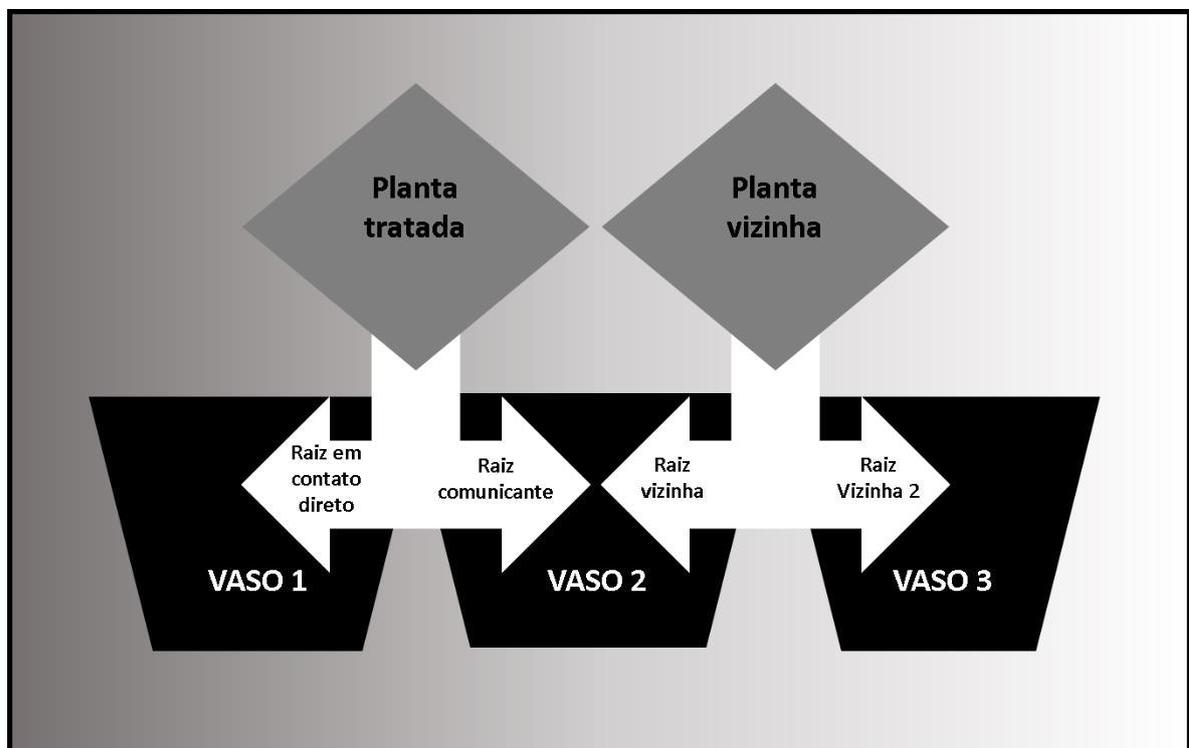
Figura 3 – A vida social secreta das plantas. “Em resposta a ataques de herbívoros (1) ou infecção (2), as plantas liberam uma mistura de compostos orgânicos voláteis (COVs) no ar (3). Plantas vizinhas respondem ativando respostas de defesa ou alterando a expressão de genes relacionados à defesa para se preparar contra o estresse iminente (4). Sinais de alerta sobre danos causados por herbívoros e patógenos fúngicos também são transmitidos via hifas filamentosas de fungos do solo que colonizam e conectam as raízes de diferentes plantas em redes miceliais comuns (CMNs) (5). Como os compostos se movem ao longo dessas redes de fungos não está claro, mas os pesquisadores têm a hipótese de que eles poderiam viajar ao longo da fina camada de água que flui ao longo da superfície das hifas ou através do citoplasma das próprias hifas. As plantas estressadas pela seca (6) secretam substâncias químicas solúveis a partir de suas raízes que se difundem pelo solo até as raízes das plantas vizinhas (7). As plantas receptoras respondem não apenas fechando os estômatos em suas folhas (8), mas também retransmitindo a mensagem para outras plantas próximas (9)” [tradução nossa].



Fonte: © LOGAN PARSONS.

Franco (2017) testou diferentes tipos de substâncias e investigou se estas poderiam induzir a comunicação radicular em plantas de sorgo (Figura 4 e 5). Além disso, testou se a sinalização recebida por plantas vizinhas levaria a alterações nos parâmetros avaliados (comprimento de raiz e parte aérea, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a*, atividade de enzimas antioxidantes e expressão dos genes do desenvolvimento de raiz), a partir da hipótese de que as plantas de sorgo submetidas às diferentes substâncias aplicadas transmitem sinal para as plantas vizinhas sobre as condições a que estão expostas. As plantas vizinhas, ao receberem esse sinal, podem antecipar respostas e posteriormente ao serem afetadas por essas moléculas apresentarão maior tolerância (Quadro 2).

Figura 4 – Modelo experimental para o estudo de comunicação entre raízes.



Fonte: Adaptado de Toledo (2015), retirado de Franco (2017).

Figura 5 – Experimento para o estudo de comunicação entre raízes. Condição de crescimento de plântulas de sorgo com 25 dias após a germinação em meio hidropônico.



Fonte: Franco (2017).

A partir deste estudo, sabe-se que para suceder a comunicação radicular de uma planta com a outra é necessário que uma delas receba um estímulo externo. Nesse caso da pesquisa, utilizaram-se diferentes substâncias, tais como manitol, glifosato, extrato de folhas de copaíba, ácido indol-3-butírico (IBA) e rutina (Quadro 3). Assim, substâncias com atividades características vão induzir o vegetal a produzir respostas que podem alterar diferentes vias moleculares e fisiológicas e estimular a produção de sinalizadores para a planta vizinha que não foi afetada diretamente por aquela substância. Porém, ao receber a sinalização da planta afetada, a planta vizinha também pode apresentar alteração em diferentes parâmetros fisiológicos, anatômicos, morfológicos e biomoleculares, e em um evento futuro semelhante ao experimentado pela planta vizinha podem responder com maior efetividade a esta adversidade.

Quadro 3 – Efeitos apresentados na experimentação realizada por Franco (2017), onde “↓” refere-se à diminuição e “↑” aumento.

SUBSTÂNCIA APLICADA	EFEITO OBSERVADO PLANTA TRATADA	EFEITO OBSERVADO PLANTA VIZINHA
Manitol	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ no desenvolvimento da parte aérea • ↓ na condutância estomática • ↓ na taxa de assimilação líquida de CO₂ • ↓ conteúdo relativo de água (CRA) • ↓ taxa de transporte de elétrons (ETR) • ↓ rendimento quântico máximo (Fv/Fm) • Alteração na expressão gênica 	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ no desenvolvimento da parte aérea menor que na planta tratada • ↓ da condutância estomática • ↓ conteúdo relativo de água (CRA) • ↓ taxa de transporte de elétrons (ETR), seguida de recuperação • ↑ atividade da enzima peroxidase (POD) nas raízes • Alteração na expressão gênica
Glifosato	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ da condutância estomática • ↓ na taxa de assimilação líquida de CO₂ • ↑ atividade da enzima peroxidase (POD) nas folhas • ↑ atividade da enzima peroxidase (POD) nas raízes • Alteração na expressão gênica 	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das plantas • ↑ desenvolvimento de parte aérea • ↓ da condutância estomática • ↑ atividade da enzima peroxidase (POD) nas raízes • Alteração na expressão gênica
Extrato de folhas de copaíba	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ na taxa de assimilação líquida de CO₂ • ↑ conteúdo relativo de água (CRA) • ↓ taxa de transporte de elétrons (ETR), seguida de recuperação • Alteração na expressão gênica 	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ no desenvolvimento de parte aérea • ↑ conteúdo relativo de água (CRA) • ↓ taxa de transporte de elétrons (ETR), seguida de recuperação • Alteração na expressão gênica
Ácido indol-3-burítico (IBA)	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ da condutância estomática • ↑ na taxa de assimilação líquida de CO₂ • ↑ conteúdo relativo de água (CRA) 	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes menor que na planta tratada • ↓ da condutância estomática seguida de elevação dos níveis • ↑ conteúdo relativo de água (CRA)
Rutina	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ no desenvolvimento das raízes • ↓ da condutância estomática • ↓ na taxa de assimilação líquida de CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ da condutância estomática •

Fonte: Elaborado pelos autores - Informações retiradas de Franco (2017).

Como visto no quadro acima, os diferentes tipos de sinalização podem provocar redução no comprimento radicular e de parte aérea de plantas vizinhas, semelhante ao efeito que ocorre nas plantas diretamente afetadas. Esse

efeito, quando provocado pela deficiência hídrica, ocorre pela redução do turgor celular, importante na divisão e alongamento celular.

Por conseguinte, a comunicação por raízes é uma importante via de sinalização, principalmente quando a alteração ambiental é induzida por agentes extrínsecos ao metabolismo vegetal, visto que foi observada alteração na expressão gênica, a qual pode impulsionar uma alteração na produção de enzimas antioxidantes quando ocorre alteração no metabolismo oxidativo e alterações nos parâmetros fisiológicos e morfológicos. Tal comportamento pode ser associado à memória de estresse, onde a planta estressada em um primeiro evento pode sofrer alterações moleculares, bioquímicas e fisiológicas, resultando na redução do desenvolvimento vegetal, porém em um segundo evento de estresse, as alterações ocorrem de maneira distinta, resultando em tolerância ao estresse sem apresentar danos ao vegetal (CRISP et al., 2016). Nesse aspecto, a comunicação pode induzir respostas semelhantes à memória de estresse, porém sem que a planta receptora da sinalização precise passar por um evento anterior.

Logo, a capacidade de aprender com experiências prévias são importantes para aprimorar a habilidade de aclimatação ao estresse ambiental, dada a natureza sésil das plantas que requerem adaptações específicas para responder ao ambiente (VAN LOON, 2016). Nesse sentido, a experiência prévia de estresse ou a memória compartilhada através da comunicação entre plantas é um importante mecanismo de adaptação, o qual é possibilitado pela plasticidade fenotípica (HUANG et al., 2016). Ainda, a comunicação da memória de estresse possui importância em razão de que na natureza nem todos os indivíduos de uma população serão submetidos às alterações ambientais ao mesmo tempo, porém a inter-relação entre eles pode levar a uma rede de respostas (GLEASON, 1926).

Portanto, a capacidade de comunicação e memorização do estresse é considerada um comportamento de inteligência vegetal, ao ponto que garante a versatilidade para lidar com estresses abióticos equilibrando as respostas de defesa com o desenvolvimento (VAN LOON, 2016).

No caso da comunicação vegetal pela raiz, esta pode ser caracterizada como um mecanismo ao nível de populações vegetais para tolerância a alterações ambientais (GROSS, 2016), pois essa sinalização enviada de uma planta afetada por alterações abióticas para plantas vizinhas antecipa respostas a

diferentes tipos de sinalizações, sejam elas causadas por condições estressantes ou não, aumentando a probabilidade de sobrevivência em situações adversas. Desse modo, a comunicação radicular se caracteriza como um importante sistema de sinalização aos diferentes tipos de alterações abióticas e as plantas que recebem a sinalização podem antecipar respostas, aumentando as chances de tolerar essa alteração e podem evitar o estresse.

A partir do exposto, elaboramos uma sequência didática para promover a abordagem destes conhecimentos científicos para estudantes da disciplina de Fisiologia Vegetal de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

No entanto, cabe ressaltar que o assunto a respeito da comunicação radicular pode se encaixar em diferentes conteúdos da Fisiologia Vegetal, assim como pode englobar conteúdos de outras disciplinas (por exemplo Evolução). Portanto, fica a critério do professor que deseja abordar o tema de comunicação radicular de plantas escolher o momento oportuno para fazê-lo.

Desse modo, na seção seguinte, apresentamos o referencial teórico e metodológico para a construção da sequência didática e sua estrutura geral.

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

Nesta seção, abordaremos o referencial teórico e metodológico para a sistematização da sequência didática elaborada para esta dissertação. O referencial teórico de sequência didática que nos apoiamos foi o de Zabala (1998) e a proposta pedagógica foi baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). Para a adaptação do conteúdo apresentado na tese de Franco (2017) intitulada *Comunicação radical induzida por diferentes tipos de substâncias químicas*, utilizamos como fundamentação as considerações da transposição didática de Chevallard (1991). Também apresentaremos brevemente a estrutura da sequência didática elaborada e as atividades propostas.

O Produto Educacional completo, elaborado neste Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se disponível em <<http://www.uenp.edu.br/mestrado-ensino>>.

Para maiores informações, contate os autores pelo e-mail: thaynara.apmachado@gmail.com.

4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como mencionado acima, fundamentamos nossa proposta de sequência didática a partir da obra de Zabala (1998) de nome *A Prática Educativa: como ensinar*. De acordo com o autor, critérios utilizados para organizar as atividades de ensino permitem identificar ou caracterizar alguns aspectos da forma de ensinar.

Segundo Zabala (1998), a aprendizagem é uma construção pessoal de cada indivíduo, a qual é auxiliada por outras pessoas. Para isso, é necessário o interesse e a disponibilidade do aluno, seus conhecimentos prévios e de sua experiência. Nesse contexto, demonstra-se a relevância do professor, visto que este poderá intervir de forma adequada nos progressos e dificuldades que o estudante apresentar.

Diante das diferentes variáveis metodológicas, a opção de começar pelas sequências didáticas é justificada se considerarmos a importância das

intenções educacionais para com as atividades propostas para a aprendizagem. Assim, um ensino que considere conteúdo de aprendizagem será diferente de um que destaca as atitudes ou determinadas habilidades sociais, o que é determinante para o tipo de sequência (ZABALA, 1998).

Por conseguinte, as sequências didáticas são definidas por Zabala (p.79) como “[...] *conjunto ordenado de atividades estruturadas e articuladas para consecução de um objeto educacional em relação a um conteúdo concreto*” [grifos do autor]. Portanto, as sequências de conteúdo apresentam uma série de atividades a fim de atingir um objetivo educacional estabelecido.

Deste modo, é importante observar quais atividades são necessárias modificar ou acrescentar em uma sequência, de modo a identificar de que forma estas se articulam e estruturam na sequência. Ainda, a partir da quantidade de atividades relacionadas à aprendizagem de um conteúdo, da duração da sequência e do número de unidades didáticas que as atividades estão inseridas, pode-se determinar se a sequência de conteúdo é mais ou menos complexa (ZABALA, 1998).

Seguindo, portanto, as ideias apresentadas por Zabala (1998) para a elaboração do nosso produto educacional, sistematizamos uma sequência didática com diversas atividades, baseando na abordagem metodológica de ensino dos *Três momentos pedagógicos* de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012), que será apresentada a seguir.

4.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Para a sistematização da sequência didática, nos baseamos na abordagem metodológica de ensino *Três momentos pedagógicos*, apresentada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012). Esta abordagem é caracterizada por três momentos de ensino, com funções específicas e diferenciadas entre si: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

Na problematização inicial, o professor apresenta situações envolvidas com o tema do conteúdo, as quais os alunos reconhecem e presenciam, de forma que sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações,

com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas.

Neste primeiro momento, a função do professor é de apenas questionar o posicionamento dos estudantes e lançar dúvidas sobre o assunto, de modo que possa incentivar no aluno a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não possui. Portanto, este momento procura caracterizar uma situação em discussão como um problema a ser enfrentado.

A organização do conhecimento é o momento em que os conteúdos para compreensão do tema e da problematização inicial são sistematizados pelo professor. Nessa etapa, podem ser empregadas as mais variadas atividades, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica. Neste segundo momento, a utilização de resolução de problemas e exercícios podem desempenhar sua função formativa no desenvolvimento dos conhecimentos.

Na aplicação do conhecimento, o conhecimento que vem sendo incorporado pelos alunos é abordado de forma sistematizada, a fim de analisar e interpretar as situações relacionadas ao conhecimento apresentado. O principal objetivo deste momento é de incentivar os estudantes no emprego do conhecimento para que articulem a conceituação científica com situações reais.

Devem ser elencadas as mais diversas atividades, assim como no momento anterior, de forma que busque a generalização da conceituação que já foi abordada e/ou formulando problemas abertos. De acordo com os autores, neste momento é o potencial explicativo e conscientizado das teorias científicas que precisa ser explorado.

Assim, nos baseando nos momentos pedagógicos apresentados, sistematizamos uma sequência didática para promover a atualização dos conhecimentos científicos a respeito do estresse abiótico e a comunicação radicular em plantas.

4.3 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA PARA O CONTEÚDO DE ESTRESSE ABIÓTICO E COMUNICAÇÃO RADICULAR

Para contemplar os conhecimentos científicos trazidos na tese de

Franco (2017) intitulada *Comunicação radicular induzida por diferentes tipos de substâncias químicas*, nos fundamentamos nas considerações da transposição didática de Chevallard (1991), a fim de evitarmos a deformação do conteúdo. Tais considerações foram apresentadas no capítulo 2 desta dissertação.

Diante disto, para contextualizar o assunto de comunicação radicular a partir de conteúdos presentes nos livros acadêmicos utilizados pelos estudantes, empregamos o conteúdo de estresse abiótico, que vai ao encontro do que é abordado na pesquisa desenvolvida por Franco (2017) e também dos referências que o pesquisador contempla no decorrer de seu trabalho.

Por o trabalho realizado por Franco (2017) conter muitas informações técnicas e um vasto referencial sobre o assunto e em função da adequação dessas informações para conteúdos a serem tratados em horas-aula, selecionamos informações-chave que pudessem demonstrar o trabalho como um todo, bem como sua relevância e pertinência para a formação inicial de professores de Ciências/Biologia.

Desse modo, informações de caráter mais técnico, como por exemplo aquelas sobre a regulação gênica do crescimento das raízes de determinadas espécies e especificidades da experimentação realizada, foram suprimidas, pois não julgamos relevantes abordá-la nas aulas com os licenciandos.

Além disso, no quadro 03 do capítulo 02, por exemplo, sintetizamos os resultados da experimentação de Franco (2017) de forma pontual, pois na fonte original, ao tratar de tais informações, o autor fazia uma discussão muito técnica, o que não nos pareceu pertinente abordar em uma aula para a formação de professores. Por esse motivo, em função da vigilância epistemológica, tivemos o cuidado de fazer uma edição por meio de um quadro, elencando os principais resultados da experimentação, que é o suficiente para que os licenciandos compreendam estes resultados.

Tais edições foram realizadas levando em consideração o princípio da vigilância epistemológica apresentado por Chevallard (1991), a fim de evitar que ocorresse uma deformação no processo de transposição dos saberes e que os mesmos não perdessem seus significados em relação às informações originais.

4.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA SISTEMATIZADA

Partindo do princípio apresentado por Zabala (1998) acerca da sequência didática, e da abordagem didática dos três momentos pedagógicos, desenvolvemos uma sequência didática com diferentes modalidades didáticas e atividades avaliativas, a fim de contribuir para a aprendizagem dos conteúdos de estresse abiótico e comunicação radicular de futuros professores.

Para tanto, apresentamos a seguir o quadro geral da sequência didática sistematizada, o qual contém as atividades e quantidade de horas/aula sugeridas para cada momento pedagógico. Cada atividade foi pensada e justificada em cada passo da sequência, como pode ser visto no quadro a seguir (Quadro 4).

Quadro 04 – Quadro geral da sequência didática baseada nos Três momentos pedagógicos.

Três Momentos Pedagógicos	Aulas (h/a)	Estratégia de ensino	Objetivos	Justificativa
	Aula 01 1h/a	Avaliação diagnóstica inicial (A1).	Investigar quais os conhecimentos dos estudantes a respeito dos conteúdos necessários para introdução à temática e os conhecimentos prévios dos conteúdos de estresse abiótico e comunicação vegetal, a fim de orientar a estratégia de ensino do professor de forma a contribuir com a aprendizagem do estudante.	Orientar a estratégia de ensino do professor de forma mais adequada às características apresentadas pelos estudantes (HADJI, 1993; SANT'ANNA, 2014).
	Aula 02 2h/a	Abordagem de conceitos pré-requisitados (Nivelamento).	Apresentar, de modo geral, conceitos e definições a respeito dos conteúdos pré-requisitados, a fim de auxiliar os estudantes para a compreensão da temática a ser introduzida.	Possibilitar a todos os estudantes, as mesmas condições para compreensão de conceitos previamente requisitados para o ensino do conteúdo de estresse vegetal e comunicação radicular. Tais conceitos referem-se a conteúdos relacionados aos conhecimentos genéticos e não diretamente ligados com a problematização da fase posterior.
1º Momento: Problematização inicial		Situação problema acerca do conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular- Avaliação formativa (A2).	Investigar e problematizar os conhecimentos prévios dos estudantes a partir de uma situação problema.	Problematizar o conhecimento prévio dos estudantes, de modo que sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

	Aula 03 2h/a	Discussão a partir de um vídeo e um texto de divulgação científica - Avaliação formativa (A3).	Elaborar conclusões por meio de uma discussão, a fim de auxiliar no processo de construção dos conhecimentos científicos que serão abordados nas aulas seguintes.	A atividade foi pensada para que o estudante aprenda a pesquisar conteúdos recentes de biologia, a fim de desenvolverem ideias novas (KRASILCHIK, 2004).
2º Momento: Organização do conhecimento	Aula 04 2h/a	Aula expositiva-dialogada dos conhecimentos científicos de estresse abiótico e comunicação radicular; Avaliação formativa: questões referentes aos conteúdos apresentados (A4).	Apresentar os conhecimentos científicos a respeito do estresse abiótico e a comunicação radicular, para que os estudantes conheçam e compreendam esses conteúdos.	Introduzir o conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular, para auxiliar no processo de construção deste conhecimento pelos estudantes.
	Aula 05 2h/a	Jogo: Trilha da comunicação vegetal; Avaliação formativa: Produção de texto (A5).	Aplicar um jogo didático, de forma dinâmica, a fim de auxiliar os estudantes para uma maior compreensão a respeito dos conteúdos de estresse abiótico e a comunicação vegetal.	Motivar os estudantes para situações de aprendizagem de fatos e conceitos, de forma dinâmica (KRASILCHIK, 2004).
		Conversa com o pesquisador da tese intitulada Comunicação radicular induzida por diferentes tipos de substâncias químicas (FRANCO, 2017).	Relacionar a produção do conhecimento científico com o conhecimento acadêmico, a fim de despertar a curiosidade dos estudantes em relação à pesquisa.	Integrar a produção de conhecimento científico com relação ao processo de produção do conhecimento acadêmico.
3º Momento: Aplicação do conhecimento	Aula 06 2h/a	Resolução de uma situação problema (Avaliação formativa – A6).	Analisar a associação do conhecimento científico pelos estudantes, por meio de uma situação problema.	Abordar o conhecimento científico que vem sendo incorporado pelos estudantes de forma contextualizada e analisar a capacidade dos estudantes de articularem estes conhecimentos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

	Aula 07 2h/a	Avaliação somativa - Questionário final (A7).	Analisar de que forma o conhecimento científico vem sendo incorporado pelos estudantes.	Situar se as abordagens de ensino foram suficientes para a compreensão dos conhecimentos científicos (HADJI, 1993).
--	-----------------	---	---	---

Fonte: dos autores (2018).

Como apresentado no quadro acima, nossa sequência didática é composta por sete aulas, que totalizam 13 horas/aula. No entanto, essa carga horária pode variar dependendo da quantidade, faixa etária, ritmo de aprendizagem e interesse dos estudantes. Também, para cada atividade sugerida, elencamos os objetivos de ensino e de aprendizagem que gostaríamos de atingir, além de justificar o porquê da escolha de cada uma delas.

A sequência didática detalhada por aula encontra-se completa na produção técnica disponível no site <<http://www.uenp.edu.br/mestrado-ensino>>, na seção Produtos Educacionais. Nesta, o professor poderá visualizar tema e subtemas, duração, objetivo, modalidade didática, estratégia de ensino, justificativa e avaliação sugerida para cada aula, separadamente.

Vale destacar, que a sequência que apresentamos neste trabalho pode e deve ser adaptada conforme a necessidade de cada professor, seja incluir ou excluir atividades, adaptá-las de acordo com as necessidades dos alunos, adaptá-las conforme a quantidade de aulas disponíveis e até mesmo basear-se para ensinar outros conteúdos.

A seguir, apresentamos os encaminhamentos metodológicos para a realização da pesquisa pautada na aplicação desta sequência didática.

5 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa apresentada nessa dissertação foi realizada a partir de uma abordagem qualitativa. No âmbito educacional, essa abordagem assume diferentes formas e pode ser conduzida em diversos contextos.

A pesquisa qualitativa agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Privilegiam a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos participantes da pesquisa. Nesse tipo de investigação, os pesquisadores introduzem-se na fonte direta de dados, seja escolas, famílias, bairros e outros locais tentando inteirar-se de questões educativas (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Além disso, a investigação qualitativa é descritiva, pois os dados são obtidos em forma de palavras ou imagens e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorandos e outros registros oficiais. Na sua busca de conhecimento, os investigadores qualitativos tentam analisar os dados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto o possível, a forma em que estes foram registados ou transcritos (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Esta pesquisa primeiramente envolveu a realização de uma revisão sistemática da literatura, a fim de investigar as produções relacionadas ao ensino de botânica na última década, o que influenciou o delineamento de seus objetivos. Os resultados desta revisão foram apresentados brevemente na introdução deste trabalho.

Também foi realizada uma revisão bibliográfica da literatura referente aos saberes docentes e à formação de professores de ciências, à transposição didática, aos conteúdos de estresse abiótico e à comunicação radicular, assim como ao aporte teórico para a elaboração de sequência didática e à abordagem metodológica da produção técnica educacional, que constituíram os capítulos desta dissertação.

Como a abordagem metodológica da sequência didática e sua estrutura já foram apresentadas no capítulo anterior, apresentaremos nesta seção a abordagem metodológica para a realização da revisão sistemática da literatura, análise prévia da sequência didática, o perfil dos participantes da pesquisa, o

instrumento de coleta de dados e o referencial que nos baseamos para análise dos dados.

5.1 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para essa revisão sistemática da literatura, utilizamos como base o método de Kitchenham (2004), que entende que uma revisão visa identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes, a fim de responder um foco de pesquisa específico. Desse modo, para a execução da revisão utilizamos e adaptamos alguns passos elencados pela autora.

A temática da pesquisa está contida no âmbito do ensino de Botânica, a respeito da atualização de conhecimentos científicos no Ensino Superior, como, por exemplo, a comunicação radicular vegetal e resposta ao estresse abiótico, que podem ser conteúdos trabalhados na disciplina de Fisiologia Vegetal de um curso de Ciências Biológicas. Assim, primeiramente realizamos a identificação e o planejamento da pesquisa a partir de questões elencadas, com o objetivo de estruturar ações para a busca e interpretação dos resultados, identificando as seguintes perguntas:

- 1) De que forma a Botânica é trabalhada no Ensino Superior?
- 2) Como conhecimentos científicos recentes da Botânica têm sido abordados na formação inicial de professores?
- 3) Como é abordado o conteúdo de estresse abiótico no processo de ensino e aprendizagem da Fisiologia Vegetal?

Para contemplar as perguntas norteadoras desta pesquisa, os dados pesquisados emergiram das seguintes bases de dados: a primeira pesquisa foi na Biblioteca digital brasileira de teses e dissertações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), a segunda pesquisa foi no portal de periódicos da CAPES e a terceira visou identificar os periódicos que estão no índice restrito da área de Ensino (Qualis A1, A2 e B1). A seleção dos periódicos para a terceira pesquisa foi feita por meio da plataforma Sucupira, na classificação de periódicos Quadriênio 2013 – 2016.

O período de busca foi de janeiro de 2007 a dezembro de 2017 e teve como critério de inclusão a leitura dos títulos em que houvesse as palavras “Botânica”, “vegetal” e “estresse abiótico”, para assim delinear as pesquisas que

apontavam o uso deste tema no contexto do ensino. As buscas nas bases de dados foram feitas no período de abril de 2017 a fevereiro de 2018, podendo haver alterações, caso a pesquisa seja refeita posteriormente.

Portanto, na etapa de seleção de estudos primários, para a seleção dos trabalhos, seguiram-se as seguintes etapas: seleção dos artigos que apresentavam no título a palavra-chave “Botânica”, “estresse abiótico” e a combinação das palavras-chave “ensino” e “vegetal”, visto que apenas a palavra vegetal gerava um número elevado de trabalhos, tendo como critério de inserção os trabalhos relacionados ao ensino. Realizada essa etapa, foi feita a leitura dos resumos; como critério de exclusão, descartaram-se os artigos que não tratavam da temática.

Para o estudo da avaliação de qualidade e extração de dados, foi realizada leitura e verificação dos trabalhos selecionados para garantir a pertinência dos trabalhos com a temática pesquisada.

Os resultados desta Revisão Sistemática foram resumidamente apresentados na introdução, para justificativa deste trabalho.

5.2 ANÁLISE PRÉVIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática sistematizada foi encaminhada para uma análise intersubjetiva por três professores doutores, para que estes pudessem apontar a relevância do tema proposto, a coerência e organização das atividades apresentadas, assim como erros conceituais. Além disso, os professores avaliadores ficaram livres para fazer críticas e/ou sugestões a respeito da proposta pedagógica para que pudessemos realizar a adequação na sequência didática.

Os professores que realizaram a análise intersubjetiva da sequência didática são todos da área das ciências, sendo que dois deles possuem graduação em Ciências Biológicas, com mestrado em Ciências Biológicas com ênfase em Botânica, um destes com doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) e outro em Microbiologia, lecionando em disciplinas relacionadas a Botânica no Ensino Superior, no período da avaliação. Também, o outro professor possui licenciatura em Ciências com habilitação em Química, mestrado em Educação e Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, leciona a disciplina de Ciências no Ensino Fundamental e disciplinas de Metodologia de ensino de Ciências,

Metodologia de ensino de História e Metodologia de ensino de Língua Portuguesa.

A análise intersubjetiva por pares foi realizada no período de setembro a outubro de 2017. A escolha destes professores foi relacionada tanto à verificação do conteúdo proposto, quanto à análise das estratégias de ensino e atividades apresentadas.

Como resultado da análise, todos os professores elencaram a atualização dos conhecimentos científicos em relação ao estresse abiótico e a comunicação radicular como relevantes para estudantes de Ciências Biológicas. Além disso, para os professores, o conteúdo e as atividades propostas estão distribuídos de forma coerente no decorrer da sequência, assim como a estrutura pedagógica apresentou-se relevante para o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos e para a formação inicial de forma a auxiliar a prática de trabalho.

Com relação a críticas e/ou sugestões, os professores não evidenciaram nenhuma mudança necessária na abordagem pedagógica. Apenas consideraram em relação ao tempo proposto, que dependendo do envolvimento dos estudantes, faz-se necessário pensar em adequações caso seja necessário, sendo que as aulas podem atrasar ou adiantar.

Após a análise, a sequência didática foi aplicada para estudantes do 4º ano de Ciências Biológicas, na disciplina de Fisiologia Vegetal, no período de Outubro a Novembro de 2017.

5.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA E INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Mediante assinatura do termo de consentimento (Apêndice A), participaram da pesquisa treze licenciandos que cursavam a disciplina de Fisiologia Vegetal do 4º ano do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas de uma universidade pública do estado do Paraná, no período noturno.

Os estudantes possuíam idade entre vinte e trinta anos, sendo dez do sexo feminino e três do sexo masculino. A maioria cursava a primeira graduação, exceto por um acadêmico que já cursou graduação em Pedagogia.

Por uma questão ética, para análise dos dados os estudantes foram codificados pela letra E, seguido de um número ordinal: E1, E2, E3, E4, E5..., E13. Como critério de seleção dos estudantes para análise dos dados, elencamos os que participaram de todas as atividades ao longo do desenvolvimento da sequência

didática. Além disso, utilizamos os critérios de diversidade e saturação para a escolha das atividades e seleção dos estudantes para análise dos dados da pesquisa. Em relação à diversidade, ponderamos o critério da diversificação interna, que nos permite uma exploração a respeito da diversidade de opiniões de um determinado grupo (GUERRA, 2006), no nosso caso estudantes do quarto ano do curso de Ciências Biológicas de uma Universidade pública do Paraná, com o intuito de assegurar que eles formassem um grupo representativo (proporcionalmente) dos demais estudantes.

Para o critério de saturação, aplicamos os preceitos de Pires (1997). Tal critério possui duas funções essenciais do ponto de vista operacional:

[...] indica em que momento o investigador deve parar a recolha de dados, evitando-lhes o desperdício inútil de provas, de tempo e dinheiro; do ponto de vista metodológico, permite generalizar os resultados ao universo do trabalho (população) a que o grupo analisado pertence (generalização empírico-analítica) (PIRES, 1997, p. 157).

Assim, para análise dos dados, utilizamos as atividades avaliativas propostas na sequência didática, compostas por questionários e situações-problema, conforme Apêndice B, C, D, E e F, constitutivas dos instrumentos de coleta de dados.

De acordo com (LAKATOS; MARCONI, 2003) o questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas que podem ser classificadas em três categorias:

- a) Perguntas abertas. Também chamadas livres ou não limitadas, são as que permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões.
- b) Perguntas fechadas ou dicotômicas. Também denominadas limitadas ou de alternativas fixas, são aquelas que o informante escolhe sua resposta entre duas opções: sim e não.
- c) Perguntas de múltipla escolha. São perguntas fechadas, mas que apresentam uma série de possíveis respostas, abrangendo várias facetas do mesmo assunto (LAKATOS, MARCONI, 2003 pp. 205-206).

Para a elaboração dos questionários da nossa sequência didática, optamos por utilizar as questões abertas, pois estas possibilitam investigações mais profundas e precisas dos dados coletados.

Assim como para os estudantes, as atividades avaliativas foram codificadas como: A1, A2..., A7. Utilizamos para a análise dos dados as atividades A1, A4 e A7.

5.4 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA PARA ANÁLISE DOS DADOS

Para análise dos dados a partir das atividades desenvolvidas pelos estudantes, utilizamos como base o referencial teórico da Análise Textual Discursiva - ATD (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2006; MORAES, 2007).

A ATD é um mergulho em processos discursivos, visando atingir compreensões reconstruídas dos discursos, conduzindo a uma comunicação do aprendido. Ela se segue por um processo de desconstrução, seguido de reconstrução de um conjunto de materiais linguísticos e discursivos (MORAES, 2007).

Esse tipo de análise trabalha com textos diversos, amostras de discursos, denominados *corpus*, podendo partir de matérias já existentes ou estes podem ser produzidos dentro da própria pesquisa. Sua leitura não pode ser neutra, superficial ou descomprometida, mas sim deve seguir de leituras aprofundadas e rigorosas (MORAES, 2007).

Moraes (2003) organiza a abordagem de análise qualitativa em torno de quatro focos. O primeiro é a desmontagem dos textos, também denominado de processo de unitarização; o segundo é o estabelecimento de relações, processo denominado de categorização; o terceiro é captação do novo emergente, que resulta na produção de um metatexto a partir do processo de compreensão renovada do todo; e o quarto constitui um processo auto-organizado. Os três primeiros compõem um ciclo no qual se constituem como elementos principais.

A desmontagem dos textos, também denominada de unitarização, é um processo que consiste em separar os dados em unidades de significado. Implica examinar os materiais em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados (MORAES, 2003; MORAES E GALIAZZI, 2006).

O estabelecimento de relações, posterior à etapa de unitarização, passa a fazer a articulação de significados semelhantes em um processo denominado de categorização. Nesse processo, reúnem-se as unidades de

significado semelhantes, podendo gerar vários níveis de categorias de análise (MORAES E GALIAZZI, 2006). De acordo com Moraes (2003 p. 191) esse processo implica “[...] construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias”. Essa é uma das principais etapas da ATD.

Após as duas etapas anteriores, ocorre a captação do novo emergente, pois a impregnação nos materiais da análise possibilita a emergência de uma compreensão renovada do todo (MORAES, 2003). Assim, a partir de um movimento de interpretação e produção de argumentos, todo este processo gera metatextos analíticos que irão compor os textos interpretativos (MORAES; GALIAZZI, 2006).

Para Moraes (2003) o ciclo de análise descrito, constitui um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões, portanto, os resultados finais, criativos e originais, não podem ser previstos.

Desse modo, os questionários respondidos pelos estudantes na aplicação da nossa sequência didática formaram o *corpus* de análise, os quais foram submetidos as etapas indicadas pelos autores.

Por conseguinte, realizamos a desconstrução do *corpus* e a categorização dos fragmentos textuais em duas categorias específicas (noções *relacionadas ao estresse abiótico*, *noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular e contribuições e limitações da sequência didática aplicada*), para analisarmos de que forma os estudantes se compreenderam estes conhecimentos científicos.

6 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção serão analisadas, à luz da Análise Textual Discursiva, as atividades realizadas pelos licenciandos e da aplicação da Sequência Didática.

Das sete atividades que compuseram a sequência didática, foram utilizadas como *corpus* de análise as respostas de apenas cinco delas. Estas formam: Atividade 1- Avaliação diagnóstica; Atividade 2 – Situação problema; Atividade 4 – Avaliação formativa; Atividade 6 – Situação problema; Atividade 7 – Avaliação somativa (Apêndice B, C, D, E e F). Além disso, os licenciandos responderam a uma avaliação da sequência, que consideramos com Atividade 8 (Apêndice G).

Ao examinarmos o *corpus* de análise, organizamos e codificamos as informações presentes nos materiais da seguinte maneira: E1, E2, ..., E13 – referem-se aos estudantes que participaram da sequência didática; A1, A2, ..., A8 – referem-se às atividades avaliativas desenvolvidas pelos estudantes no decorrer da sequência didática; Q1, Q2, ..., Q6 – referem-se às questões das atividades propostas.

Os dados das atividades foram analisados mediante três categorias: Categoria 01 - Noções relacionadas ao estresse abiótico; Categoria 02 – Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular; Categoria 3 – Considerações e limitações da sequência didática aplicada. Para as duas primeiras categorias, após análise das atividades, sentimos a necessidade de elencar subcategorias, conforme segue nos quadros 5 e 6.

Quadro 5 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico e suas subcategorias e unidades de análise.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	UNIDADES
Noções relacionadas ao estresse abiótico	Influência dos fatores abióticos	Noções inadequadas
		Noções parcialmente adequadas ou incompletas
		Noções adequadas
	Capacidade de resposta ao estresse	Noções inadequadas
		Noções parcialmente adequadas ou incompletas
		Noções adequadas

Fonte: dos autores (2018).

A categoria 01 teve como objetivo reunir os excertos textuais que expressam a compreensão dos estudantes em relação ao conhecimento de estresse abiótico no vegetal, mediante duas subcategorias relacionadas aos conteúdos: Influência dos fatores abióticos e Capacidade de resposta ao estresse. Desse modo, os excertos textuais das atividades dos estudantes foram analisados como a) noções inadequadas, b) noções parcialmente adequadas e c) noções adequadas para cada subcategoria. As subcategorias, por sua vez, compreendem respectivamente as noções que não estão de acordo com a explicação científica, as noções que estão parcialmente corretas ou com informações incompletas de acordo com o conhecimento científico e as noções que estão próximas ao conhecimento científico.

Quadro 6 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular e suas unidades

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	UNIDADES
Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular	Mecanismos de comunicação entre plantas	Noções distantes ao conhecimento científico recente
		Noções incompletas em relação ao conhecimento científico recente
		Noções próximas ao conhecimento científico recente
	Importância da comunicação radicular entre plantas vizinhas	Noções distantes ao conhecimento científico recente
		Noções incompletas em relação ao conhecimento científico recente
		Noções próximas ao conhecimento científico recente

Fonte: dos autores (2018).

A categoria 02 teve como objetivo reunir os excertos textuais que expressam a compreensão dos licenciandos em relação aos conhecimentos recentes de comunicação radicular vegetal mediante duas subcategorias relacionadas aos conteúdos: Mecanismos de comunicação entre plantas e Importância da comunicação radicular entre plantas vizinhas. Desse modo, os excertos textuais das atividades dos estudantes foram analisados como noções distantes do conhecimento científico recente, noções incompletas em relação ao conhecimento científico recente e noções próximas ao conhecimento científico recente, as quais compreendem respectivamente as noções que não estão de acordo com a explicação científica recente, com as noções com informações

incompletas em relação ao conhecimento científico recente e às noções que estão de acordo com ao conhecimento científico.

A categoria 03 teve como objetivo reunir os excertos textuais das respostas dos estudantes que expressam algumas contribuições e limitações da aplicação da sequência didática.

Assim, foram utilizados os excertos das respostas dos estudantes nas atividades realizadas durante a aplicação da sequência didática, analisados e organizados de acordo com cada categoria, subcategoria e unidade.

A seguir, apresentamos a categorização e análise das noções relacionadas à primeira categoria – noções relacionadas ao estresse abiótico.

Quadro 7 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico

SUBCATEGORIA: INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS		
UNIDADES DE ANÁLISE	Noções inadequadas	<i>“Os fatores abióticos são aqueles causados por algo não natural, como por exemplo, por uma ação antrópica” (E8, A1, Q4).</i>
	Noções parcialmente adequadas ou incompletas	<p><i>“[...] Esses fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal, a luz é utilizada na fotossíntese, existem plantas de temperatura alta e outras baixas, umidade para respiração, gutação. O vento pode quebrar, danificar, tirar a água das folhas” (E4, A1, Q4).</i></p> <p><i>“Sim. Esses fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal, promovendo ou não o crescimento da planta, ser tóxico, ser essencial para a saúde da planta, etc.” (E5, A1, Q4).</i></p> <p><i>“Fatores abióticos são os gases, minerais e nutrientes presentes no solo e no ar. A ausência ou até mesmo o excesso, acaba sendo prejudicial ao desenvolvimento das plantas [...]” (E10, A1, Q4).</i></p>
	Noções adequadas	<p><i>“Déficit de água: a planta vai ficar desidratada. Falta de luz: não ocorre fotossíntese. Falta de nutrientes: a planta não irá se desenvolver. Vento: retira a película protetora das folhas. Entre outros” (E4, A7, Q2).</i></p> <p><i>“[...] Esses fatores abióticos causam algum grau de perturbação no vegetal, por meio disso, sofrem mudanças genéticas, alteração no metabolismo, morfologia, etc. Ex.: Na ausência de água a planta terá estratégias, como a produção de ácido abscísico para que as folhas caíam para evitar a perda de água” (E5, A7, Q2).</i></p> <p><i>“pH, temperatura, salinidade, concentrações excessivas de nutrientes são fatores abióticos que influenciam no metabolismo da planta, podendo causar inibição do seu desenvolvimento ou de compostos específicos do seu metabolismo” (E8, A7, Q2).</i></p> <p><i>“Deficit hídrico -> reduzindo a função metabólica das plantas, perda das folhas para economizar água, diminuição respiração e da produção de fotossimilados. Concentração de sais e nutrientes.</i></p>

	<i>Luz, temperatura</i> ” (E10, A7, Q2).
--	--

Fonte: dos autores (2018).

Quadro 8 – Categoria 01: Noções relacionadas ao estresse abiótico

SUBCATEGORIA: CAPACIDADE DE RESPOSTA AO ESTRESSE	
UNIDADES DE ANÁLISE	<p>Noções inadequadas</p> <p><i>“Muitas vezes uma árvore adulta ao dispersar suas sementes próximas do seu caule, acaba surgindo inúmeras plântulas que tendem a competir pelos mesmos recursos que a planta mãe e quase sempre as plântulas acabam morrendo, já que a planta adulta acaba absorvendo mais nutrientes e minerais disponível não deixando quase nada para plântulas”</i> (E10, A1, Q6).</p>
	<p>Noções parcialmente adequadas ou incompletas</p> <p><i>“Mudando sua morfologia, se adaptando, perdendo pouca água, gastando menos energia, perdendo suas folhas, entrando em dormência”</i> (E4, A1, Q6).</p> <p><i>“Mudando sua morfologia”</i> (E4, A7, Q3).</p> <p><i>“Produzindo compostos secundários, alterações da morfologia, produção de cutícula, armazenamento de água para períodos de seca, alongamento das raízes para o maior alcance de água, dentre outros”</i> (E5, A1, Q6).</p> <p><i>“Nas florestas sazonais no inverno elas tendem a perder as folhas para economizar os gastos energéticos [...]”</i> (E10, A1, Q6).</p>
	<p>Noções adequadas</p> <p><i>“Por meio de adaptação, com alterações no DNA, anatomia, morfologia e fisiologia ou pela plasticidade fenotípica, onde a planta pode ter alterações fisiológicas e anatômicas e morfológicas”</i> (E5, A4, Q1).</p> <p><i>“Por meio de respostas geradas através de sinais recebidos de outras plantas; ou a planta que sofre o estresse sofre modificações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e, além disso, envia sinais químicos por meio de exsudação e volatilização às plantas vizinhas para a perpetuação da espécie”</i> (E5, A7, Q3).</p> <p><i>“As plantas possuem mecanismos de defesa, como por exemplo, a formação de uma cutícula em temperaturas frias e tempos chuvosos nas folhas”</i> (E8, A1, Q6).</p> <p><i>“Através da plasticidade fenotípica, adaptações, produção ou inibição de determinados hormônios, entre outros”</i> (E8, A4, Q1).</p> <p><i>“Plasticidade fenotípica -> ele se aclimata as novas condições sem alterar seu genótipo [...]”</i> (E10, A4, Q1).</p> <p><i>“Alterando seu fenótipo para melhor se aclimatar as condições do ambiente, alterando também a expressão gênica”</i> (E10, A7, Q3).</p>

Fonte: dos autores (2018).

Como podem ser observadas na Categoria 01 - Noções relacionadas ao estresse abiótico, tanto para a subcategoria influência dos fatores abióticos, quanto para a capacidade de resposta ao estresse, elencamos a maior parte dos excertos dos estudantes como parcialmente adequadas ou incompletas, e adequadas. Isto se deu porque, mesmo nas atividades para identificar os conhecimentos prévios, os estudantes demonstraram já algum conhecimento relacionado a este conteúdo.

Apenas um estudante apresentou conhecimento prévio inadequado em relação à influência dos fatores abióticos ao dizer que *“Os fatores abióticos são aqueles causados por algo não natural, como por exemplo, por uma ação antrópica”* (E8, A1, Q4). No entanto, a partir das atividades da sequência didática, o estudante teve a oportunidade de ajustar estes conhecimentos, possuindo noções adequadas ao conhecimento científico, como observado no excerto: *“pH, temperatura, salinidade, concentrações excessivas de nutrientes são fatores abióticos que influenciam no metabolismo da planta, podendo causar inibição do seu desenvolvimento ou de compostos específicos do seu metabolismo”* (E8, A7, Q2).

Os estudantes que demonstraram um conhecimento prévio parcialmente adequado ou incompleto em relação à influência dos fatores abióticos puderam, ao longo da sequência didática, ampliar estes conhecimentos e ajustar alguns conceitos. Como os estudantes E4 e E10, que na Atividade 1 demonstram um entendimento segundo o qual os fatores abióticos têm uma influência direta nos vegetais quando dizem que: *“[...] esses fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal, a luz é utilizada na fotossíntese, existem plantas de temperatura alta e outras baixas, umidade para respiração, gutação. O vento pode quebrar, danificar, tirar a água das folhas”* (E4, A1, Q4); *“Fatores abióticos são os gases, minerais e nutrientes presentes no solo e no ar. A ausência ou até mesmo o excesso, acaba sendo prejudicial ao desenvolvimento das plantas [...]”* (E10, A1, Q4).

Na Atividade 7, após abordagem dos conteúdos, os estudantes apresentam estes conhecimentos de forma contextualizada para o que o excesso ou a falta destes fatores podem ocasionar no vegetal por meio de exemplificação: *“Déficit de água: a planta vai ficar desidratada. Falta de luz: não ocorre fotossíntese. Falta de nutrientes: a planta não irá se desenvolver. Vento: retira a película protetora das folhas. Entre outros”* (E4, A7, Q2); *“Deficit hídrico -> reduzindo a função metabólica das plantas, perda das folhas para economizar água, diminuição*

respiração e da produção de fotossíntese. Concentração de sais e nutrientes. Luz, temperatura” (E10, A7, Q2).

No mesmo sentido, ocorre para o E5, ao dizer na Atividade 1 que *“Sim. Esses fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal, promovendo ou não o crescimento da planta, ser tóxico, ser essencial para a saúde da planta, etc.”* (E5, A1, Q4). Já na Atividade 7, o estudante apresenta estes conhecimentos de forma mais adequada:

[...] Esses fatores abióticos causam algum grau de perturbação no vegetal, por meio disso, sofrem mudanças genéticas, alteração no metabolismo, morfologia, etc. Ex.: Na ausência de água a planta terá estratégias, como a produção de ácido abscísico para que as folhas caiam para evitar a perda de água (E5, A7, Q2).

Desse modo, o estudante apresenta não só um conhecimento a respeito dos resultados da influência que os fatores abióticos podem ocasionar, mas também as mudanças que ocasionam no funcionamento do vegetal.

Os conhecimentos apresentados pelos estudantes vão ao encontro do conteúdo que foi abordado no capítulo 3. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), diferentes fatores abióticos podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, tais como: inundação, seca, radiação UV elevada, salinidade, metais pesados, além de temperaturas altas e baixas. Os desequilíbrios desses fatores abióticos no ambiente causam efeitos primários e secundários nas plantas, exemplificados no capítulo 3.

Com relação à subcategoria capacidade de resposta ao estresse, assim como para a subcategoria influência dos fatores abióticos, observamos que a maioria dos excertos textuais dos estudantes foi considerada parcialmente adequada ou incompleta e adequada, mesmo nos conhecimentos prévios. Contudo, observamos que estes conhecimentos, ao longo da sequência didática, foram ampliados, permitindo uma compreensão e uso de terminologias mais próximas a linguagem dos conhecimentos científicos.

Isto pode ser observado quando o estudante E5 relaciona a capacidade de resposta ao estresse: *“Produzindo compostos secundários, alterações da morfologia, produção de cutícula, armazenamento de água para períodos de seca, alongamento das raízes para o maior alcance de água, dentre outros”* (E5, A1, Q6). O estudante é capaz de identificar alguns mecanismos, como o

fisiológico e morfológico, exemplificando-os por meio das adaptações apresentadas pelas plantas, mas não menciona inicialmente as adaptações anatômicas.

Já no decorrer da sequência didática, o estudante é capaz de identificar os mecanismos de resposta ao estresse de forma mais adequada, quando diz: *“Por meio de adaptação, com alterações no DNA, anatomia, morfologia e fisiologia ou pela plasticidade fenotípica, onde a planta pode ter alterações fisiológicas e anatômicas e morfológicas”* (E5, A4, Q1). Por fim, o estudante ainda consegue relacionar, no final da sequência, a resposta ao estresse com o conhecimento científico recente de comunicação radicular:

“Por meio de respostas geradas através de sinais recebidos de outras plantas; ou a planta que sofre o estresse sofre modificações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e, além disso, envia sinais químicos por meio de exsudação e volatilização às plantas vizinhas para a perpetuação da espécie” (E5, A7, Q3).

O mesmo ocorre com os estudantes E4, E8 e E10, ao dizerem inicialmente: *“Mudando sua morfologia, se adaptando, perdendo pouca água, gastando menos energia, perdendo suas folhas, entrando em dormência”* (E4, A1, Q6); *“Nas florestas sazonais no inverno elas tendem a perder as folhas para economizar os gastos energéticos [...]”* (E10, A1, Q6); *“As plantas possuem mecanismos de defesa, como por exemplo, a formação de uma cutícula em temperaturas frias e tempos chuvosos nas folhas”* (E8, A1, Q6).

Nos excertos acima, podemos observar que os estudantes são capazes de identificar que as plantas possuem mecanismos de defesa e exemplificam alguns dos mecanismos de resposta ao estresse. Ao longo da sequência, os estudantes são capazes de identificar quais são estes mecanismos: *“Através da plasticidade fenotípica, adaptações, produção ou inibição de determinados hormônios, entre outros”* (E8, A4, Q1); *“Plasticidade fenotípica -> ele se aclimata as novas condições sem alterar seu genótipo [...]”* (E10, A4, Q1); *“Alterando seu fenótipo para melhor se aclimatar as condições do ambiente, alterando também a expressão gênica”* (E10, A7, Q3).

Podemos considerar, portanto, que os conhecimentos apresentados pelos estudantes nos excertos textuais aproximaram-se do que é abordado no conhecimento científico.

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), indivíduos de uma população podem responder às mudanças ambientais que podem ocasionar alterações fisiológicas, anatômicas e morfológicas no vegetal. Nesse sentido, quando o vegetal é exposto a uma condição/fator estressante, pode ativar várias respostas que lhe permita enfrentar perturbações ocasionadas por essas condições.

As alterações ocasionadas devido à resposta ao estresse abiótico nos indivíduos são permitidas a partir da plasticidade fenotípica e representam mudanças não permanentes na fisiologia ou morfologia do indivíduo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Como a Fisiologia Vegetal compreende o funcionamento do vegetal e suas adaptações ao meio em que vive, a temática relacionada ao que o estresse abiótico ocasiona nos vegetais está intimamente ligada à maioria dos conteúdos desta área da Botânica, não necessariamente nestes termos.

Portanto, o fato dos estudantes já possuírem maior parte dos conhecimentos prévios parcialmente adequados ou incompletos e/ou adequados pode estar relacionado a essa questão, pois, como podemos observar nos excertos textuais, eles conseguem relacionar e exemplificar os assuntos da temática. No entanto, percebemos ao longo das atividades que houve uma ampliação deste conhecimento, permitindo aos estudantes não só identificar os resultados da influência do estresse abiótico, mas também identificar os mecanismos de resposta que as plantas mobilizam de forma mais adequada ao conhecimento científico.

A seguir, apresentamos a categorização e análise das noções relacionadas à segunda categoria – Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular.

Quadro 9 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular

SUBCATEGORIA – MECANISMOS DE COMUNICAÇÃO ENTRE PLANTAS		
UNIDADES DE ANÁLISE	Noções distantes ao conhecimento científico recente	<p><i>“Sim, pela raiz por exemplo, na busca de água e nutrientes, de acordo com suas necessidades” (E4, A1, Q5).</i></p> <p><i>“Sim. Acho que as plantas são capazes de saber quando há falta de nutrientes em uma planta vazia, ou excesso” (E8, A1, Q5).</i></p>
	Noções incompletas em relação ao conhecimento científico recente	<p><i>“[...] já que as plantas são organismos vivos, elas são capazes de comunicar plantas vizinhas sobre situações ambientais estressantes” (E8, A2).</i></p> <p><i>“Sim. Quando uma planta se desenvolve próxima a outra, sendo que as plantas maiores criam um dossel filtrando a penetração de</i></p>

	<p><i>luz para as plantas menores, isso pode ser prejudicial para algumas plantas que terá seu desenvolvimento comprometido, enquanto que outros vão se desenvolver em problemas” (E10, A1, Q4).</i></p> <p><i>“Sim, as plantas se comunicam entre si, já que muitas vivem em razão de outras plantas maiores, tanto em associação (trepadeiras) ou por estarem aclimatadas ao ambiente em razão das outras [...]” (E10, A2).</i></p> <p><i>“Comunicação radicular -> a planta avisa a outra sobre uma ameaça [...]” (E10, A4, Q4).</i></p>
<p>Noções próximas ao conhecimento científico recente</p>	<p><i>“Comunicação radicular, podem não estar perto visualmente, mas estão pela raiz, tendo liberação de compostos químicos, comunicação entre os vegetais e com os micro-organismos, ocorre uma sinalização. E Volatilização – no caso da atração para polinização” (E4, A4, Q4).</i></p> <p><i>“[...] sabia que havia comunicação, mas não imaginava como, o fato das plantas se comunicarem e ainda ter um certo tipo de memória é algo muito importante ...” (E4, A7, Q4).</i></p> <p><i>“Sim. Comunicam-se por meio de compostos liberados, aproximação das raízes” (E5, A1, Q5).</i></p> <p><i>“Comunicam-se liberando compostos químicos, como por exemplo, aleloquímicos” (E5, A2).</i></p> <p><i>“Volatilização – liberação de compostos químicos pelas folhas. Exsudação – liberação de compostos químicos pelas raízes para raízes próximas” (E5, A4, Q4).</i></p> <p><i>“O sinal recebido é armazenado como uma memória, que permite que a planta seja tolerante à condição de estresse. Ex.: Liberação de sinal químico para que a planta vizinha antecipe resposta contra o estresse hídrico” (E5, A4, Q5).</i></p> <p><i>“Volatilização: liberação de compostos químicos com o intuito de influenciar a polinização. Comunicação radicular: comunicação entre as raízes, com o intuito de precaver e alertar plantas vizinhas” (E8, A4, Q4).</i></p> <p><i>“A proximidade entre as plantas é um fator essencial para a comunicação vegetal. [...] Quando há alterações, acredita-se que haja uma comunicação entre elas, sendo possível alerta as plantas” (E8, A7).</i></p> <p><i>“Comunicação radicular – onde as plantas das mesmas espécies se comunicam sendo que plantas atacadas se comunica com as que ainda não foram e se fortalecem suas defesas para sua sobrevivência. Comunicação química que as plantas produzem enzimas que atraem polinizadores e predadores para os insetos que estão atacando [...]” (E10, A4, Q3).</i></p> <p><i>“Comunicação radicular -> a planta avisa a outra sobre uma</i></p>

	<p><i>ameaça [...]” (E10, A4, Q4).</i></p> <p><i>“Comunicação aleloquímicas através das raízes que, mesmos as plantas estando distante uma das outras suas raízes estão interligadas trocando nutrientes e informações” (E10, A4, Q5).</i></p> <p><i>“[...] comunicação radicular que permite que ela se adapte ao ambiente se preciso for alterando seu genótipo” (E10, A7, Q5).</i></p>
--	---

Fonte: dos autores (2018).

Quadro 10 – Categoria 02: Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular

SUBCATEGORIA – IMPORTÂNCIA DA COMUNICAÇÃO RADICULAR ENTRE PLANTAS VIZINHAS	
UNIDADES DE ANÁLISE	<p>Noções incompletas em relação ao conhecimento científico recente</p> <p><i>“[...] a planta que receberá o sinal dará respostas mais efetiva quando o stress ‘chegar’. Ex. Um solo com produtos tóxicos” (E4, A4, Q5).</i></p> <p><i>“O motivo para que plantas vizinhas que não receberam o tratamento alterar seu desenvolvimento é a interação entre plantas por meio da sinalização química e possibilidade de plasticidade fenotípica” (E5, A6).</i></p> <p><i>“ela pode realizar mecanismo de defesa que possibilita uma resistência a ela” (E8, A4, Q5).</i></p>
	<p>Noções próximas ao conhecimento científico recente</p> <p><i>“Respostas mais efetivas se passar pelo stress novamente, ficando mais resistente a esse stress” (E4, A7, Q6).</i></p> <p><i>“O sinal recebido é armazenado como uma memória, que permite que a planta seja tolerante à condição de estresse. Ex.: Liberação de sinal químico para que a planta vizinha antecipe resposta contra o estresse hídrico” (E5, A4, Q5).</i></p> <p><i>“[...] estar ‘preparado’ para ‘suportar’/sobreviver ao estresse quando ele chega, por meio de mudanças fisiológicas por exemplo. Essa memória das plantas contribui muito com a perpetuação da espécie, plasticidade fenotípica, variabilidade genética, dentre outros fatores” (E5, A7, Q6).</i></p> <p><i>“Para que eles estejam preparados caso ocorra outro estresse, gerando um resistência contra tal estresse” (E8, A7, Q6).</i></p> <p><i>“[...] comunicação radicular que permite que ela se adapte ao ambiente se preciso for alterando seu genótipo” (E10, A7, Q5).</i></p> <p><i>“Se tornar resistente caso o mesmo evento estressante venha se repetir, alterando seu fenótipo...” (E10, A7, Q5).</i></p>

Fonte: dos autores (2018).

Os estudantes do 4º ano de Ciências Biológicas já possuíam conhecimentos prévios da existência da comunicação radicular, por meio de comentários do docente da disciplina de Fisiologia Vegetal, durante suas aulas dos

diversos conteúdos da disciplina, de forma simplificada. No entanto, a aquisição de conhecimento mais aprofundado da temática foi possibilitada a partir da transposição didática desse saber científico pela nossa sequência didática.

Como pode ser observado na subcategoria dos mecanismos de comunicação entre plantas, alguns estudantes tem a ideia prévia de que existe a comunicação, mas não conseguem identificar como isso ocorre, indicando a comunicação como busca de nutrientes: “*Sim, pela raiz por exemplo, na busca de água e nutrientes, de acordo com suas necessidades*” (E4, A1, Q5); “*Sim. Acho que as plantas são capazes de saber quando há falta de nutrientes em uma planta vazia, ou excesso*” (E8, A1, Q5). Logo, tais conhecimentos prévios são considerados distantes dos conhecimentos científicos recentes, conforme foram apresentados no capítulo 3.

Assim, quando os estudantes E8 e E10 dizem: “[...] *já que as plantas são organismos vivos, elas são capazes de comunicar plantas vizinhas sobre situações ambientais estressantes*” (E8, A2); “*Sim, as plantas se comunicam entre si, já que muitas vivem em razão de outras plantas maiores, tanto em associação (trepadeiras) ou por estarem aclimatadas ao ambiente em razão das outras [...]*” (E10, A2), apresentaram conhecimentos prévios que relacionam a comunicação entre plantas com situações ambientais estressantes, o que aproxima estes conhecimentos aos conhecimentos científicos recentes.

Conforme exposto no capítulo 3, os mecanismos de defesa e de comunicação das plantas são os mesmos, por volatilização na parte aérea e pela exsudação radicular, os quais liberam compostos químicos produzidos em diferentes tecidos e órgãos. (GROSS, 2016; VENTURI; KEEL, 2016).

A volatilização é o tipo de comunicação vegetal mais relacionada aos benefícios ecológicos das populações vegetais, utilizada para atração de polinizadores e para evitar herbivoria. Já a exsudação radicular é importante para a comunicação entre os vegetais, e também, para a interação entre planta e micro-organismos (FRANCO, 2017).

Desse modo, após introduzir os conhecimentos científicos de comunicação radicular no decorrer da sequência didática, os estudantes apresentaram noções mais próximas aos conhecimentos científicos recentes abordados, como pode ser observado em alguns excertos a seguir: “*O sinal recebido é armazenado como uma memória, que permite que a planta seja tolerante à*

condição de estresse. Ex.: Liberação de sinal químico para que a planta vizinha antecipe resposta contra o estresse hídrico (E5, A4, Q5); *“Volatilização: liberação de compostos químicos com o intuito de influenciar a polinização. Comunicação radicular: comunicação entre as raízes, com o intuito de precaver e alertar plantas vizinhas”* (E8, A4, Q4).

Como o conhecimento de comunicação entre plantas foi um conhecimento novo introduzido aos estudantes, na subcategoria importância da comunicação radicular entre plantas vizinhas, os acadêmicos não apresentaram conhecimentos distantes ao conhecimento científico.

Isso indica que a introdução da temática permitiu que os estudantes obtivessem noções relacionadas à importância da comunicação radicular. No decorrer da abordagem pedagógica, estas noções estavam incompletas, como pode ser observado nas seguintes falas: *“[...] a planta que receberá o sinal dará respostas mais efetiva quando o stress ‘chegar’. Ex. Um solo com produtos tóxicos”* (E4, A4, Q5); *“ela pode realizar mecanismo de defesa que possibilita uma resistência a ela”* (E8, A4, Q5).

A partir dos *feedbacks* das aulas e das atividades, houve a possibilidade de os estudantes ajustarem esses conhecimentos e terem noções mais próximas da importância da comunicação radicular, como por exemplo:

“[...] estar ‘preparado’ para ‘suportar’/sobreviver ao estresse quando ele chega, por meio de mudanças fisiológicas por exemplo. Essa memória das plantas contribui muito com a perpetuação da espécie, plasticidade fenotípica, variabilidade genética, dentre outros fatores” (E5, A7, Q6).

Outros exemplos disso, também podem ser observados nos seguintes excertos: *“Para que eles estejam preparados caso ocorra outro estresse, gerando uma resistência contra tal estresse”* (E8, A7, Q6); *“Se tornar resistente caso o mesmo evento estressante venha se repetir, alterando seu fenótipo...”* (E10, A7, Q5).

Observamos ao término desta análise que houve uma ampliação de conhecimento dos estudantes em relação ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos de estresse abiótico e comunicação radicular. Entretanto, em um dos excertos textuais da Categoria 1, percebemos que, ao final da sequência didática, na

atividade avaliativa A7, o estudante apresenta uma noção incompleta sobre a capacidade de resposta ao estresse: “*Mudando sua morfologia*” (E4, A7, Q3).

Desse modo, evidenciamos que a participação de cada estudante foi diferenciada ao longo da aplicação da sequência didática, pois o processo de aprendizagem para cada um ocorreu de maneira diferente. Buscamos, em nossa sequência didática diferenciar as modalidades didáticas para favorecer os diferentes tipos de aprendizagem. No entanto, as potencialidades e limitações podem apontar para os eventuais motivos que levaram ao resultado dessa pesquisa.

A partir da fala dos próprios estudantes, ao serem questionados em relação à sequência didática em si, e não ao conteúdo, podemos delinear algumas contribuições e limitações, bem como sugestões que os licenciandos apresentaram (Quadro 11).

Quadro 11 – Categoria 03: Contribuições e limitações das atividades da sequência didática.

CATEGORIA 03: CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DAS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA		
UNIDADES DE ANÁLISE	Contribuições	<p>“[...] até então sabia da existência da comunicação, mas não de fato como ocorre e da importância dessa comunicação na resistência das plantas” (E4, A8).</p> <p>“conteúdo diferente que não é ensinado pelo currículo comum do curso” (E5, A8).</p> <p>“[...] o conteúdo me fez ver a natureza de forma diferente [...] vai além de ser um conteúdo com conceitos, mas mostra a sensibilidade entre os indivíduos, nas interações da natureza” (E5, A8).</p> <p>“A forma como foi ministrado as aulas foi esclarecedora tornando mais fácil a compreensão de como ocorre estes fenômenos” (E10, A8) [sic].</p> <p>“A ordem dos eventos contribuíram para uma melhor fixação do conteúdo. De primeira, despertou o nosso interesse sobre o assunto novo. E depois, com o jogo, percebemos o quanto havíamos aprendido sobre o conteúdo” (E8, A8).</p> <p>“[...] quando fiz a diagnóstica inicial estava meio perdido, mas no desenvolver das aulas fui compreendendo melhor o conteúdo, o vídeo foi bem informativo e o jogo foi tope [sic]”. (E10, A8).</p>
	Limitações	<p>“O conteúdo que se refere a comunicação radicular, achei que poderia ser mais abrangente [sic]” (E4, A8).</p> <p>“Tempo curto para explanação” (E5, A8).</p>

		<i>“Faltou aula de campo” (E10, A8)</i>
--	--	---

Fonte: dos autores (2018).

Conforme observado nos excertos, para os licenciandos, a sequência didática apresentou aspectos positivos quanto ao conhecimento do conteúdo de estresse abiótico e comunicação. Entendemos assim por tais conteúdos terem despertado o interesse pelo tema. Os conteúdos abordados são novos, sobre os quais os estudantes apenas possuíam algumas noções prévias (existência da comunicação radicular de plantas). Podemos observar esses aspectos quando os estudantes falam: “[...] *até então sabia da existência da comunicação mas não de fato como ocorre e da importância dessa comunicação na resistência das plantas*” (E4, A8) e *“conteúdo diferente que não é ensinado pelo currículo comum do curso”* (E5, A8).

Além disso, para esses professores em formação inicial, a forma como foi abordado o conteúdo, foi satisfatória, ao dizerem que *“A forma como foi ministrado as aulas foi esclarecedora tornando mais fácil a compreensão de como ocorre estes fenômenos [sic]”* (E10, A8) e *“A ordem dos eventos contribuíram para uma melhor fixação do conteúdo [sic]”*. *“De primeira, despertou o nosso interesse sobre o assunto novo. E depois, com o jogo, percebemos o quanto havíamos aprendido sobre o conteúdo”* (E8, A8). Destacamos que, para a maioria dos estudantes, a inclusão de um jogo didático foi vista de maneira positiva, pois para eles foi uma forma divertida de aprender um conteúdo.

Entretanto, os licenciandos também indicaram algumas limitações da sequência didática em suas falas. Para alguns deles, a carga horária destinada ao conteúdo foi um pouco curta, o que impediu um aprofundamento maior na temática. Assim como, *“O conteúdo que se refere a comunicação radicular, achei que poderia ser mais abrangente [sic]”* (E4, A8).

Conforme explicitamos no capítulo 4, considerando o fato de o trabalho desenvolvido por Franco (2017) conter muitas informações técnicas e um vasto referencial sobre o assunto e em função da adequação dessas informações para conteúdos a serem tratados em horas-aula, selecionamos informações-chave, que pudessem demonstrar o trabalho como um todo e sua relevância, além da pertinência de tais informações para a formação inicial de professores de Ciências/Biologia.

Desse modo, informações de caráter mais técnico como, por exemplo, informações sobre a regulação gênica do crescimento das raízes de determinadas espécies e especificidades da experimentação realizada foram suprimidas, pois não julgamos relevantes na abordagem com os licenciandos.

Conforme mencionado nas seções dois e quatro desta dissertação, para realizarmos a seleção do conteúdo, levamos em consideração o princípio da vigilância epistemológica de Chevallard (1991), para evitar que ocorressem deformações do conteúdo no processo de transposição didática, e que os mesmos não perdessem seus significados em relação às informações originais.

De acordo com Neves (2009) um saber, ao se tornar um saber a ser ensinado ou ensinado, deve manter semelhanças com saber original, adquirindo significados próprios para o ambiente escolar, sem ocorrer deformações. Desse modo, a transformação dos saberes não deve ocorrer por meras simplificações, estes devem ser adaptados conforme a necessidade específica de ensino.

No entanto, tais deformações ocorrem naturalmente ao longo do processo, seja ao selecionar o conteúdo ou ao ensiná-lo de forma simplificada. Por exemplo, quando o estudante E4 diz que “*O conteúdo que se refere a comunicação radicular, achei que poderia ser mais abrangente [sic]*” (E4, A8), podemos considerar que ao selecionarmos o conteúdo, demos maior atenção a conceitos-chaves do tema e não levamos aos aspectos mais aprofundados, o que pode ter ocasionado uma deformação ao ensinar esse saber de forma mais simplificada.

Ainda assim, cabe destacar a importância do princípio da vigilância epistemológica, para que essas deformações não ocorram de forma demasiada ao ensinar. Logo, a partir da necessidade de seus estudantes, os docentes formadores podem incluir conhecimentos mais específicos para atender a demanda dos estudantes em relação ao conteúdo.

Por meio das análises realizadas e das contribuições apresentadas pelos acadêmicos, evidenciamos, portanto, que tais resultados apresentam indícios para a efetividade desta sequência didática.

Além disso, segundo Zabala (1998), para reconhecer a validade das diferentes sequências didáticas, podem ser observadas se nelas existem atividades que permitam determinar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos novos conteúdos de aprendizagem; se tais conteúdos são propostos de forma que sejam significativos e funcionais; se são adequadas ao nível de desenvolvimento de

cada aluno; se permitem criar zonas de desenvolvimento proximal e intervir; se provocam conflito cognitivo e promovem a atividade mental do aluno para estabelecer relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios; se promovem uma atitude favorável, ou seja, motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conteúdos; se estimulam a autoestima e o autoconceito em relação às aprendizagens que se propõem; se ajudam o aluno a adquirir as habilidades relacionadas com o aprender a aprender.

Em nossa sequência didática, buscamos incluir atividades que contemplassem as habilidades supracitadas. Contudo, a partir do nosso instrumento de coleta de dados, não é possível avaliar com precisão os aspectos cognitivos. No entanto, as interações realizadas durante a aplicação da sequência didática e a análise realizada das atividades dos estudantes apresentaram indícios de que foram proporcionadas situações de aprendizagem na sequência.

Como pode ser observado nos excertos dos licenciandos, havia um conhecimento prévio da existência da comunicação entre plantas. No entanto, essa comunicação, em muitos casos, estava principalmente associada à busca de nutrientes no solo.

Na aula dois, na qual foi realizada a problematização inicial a partir de uma situação problema, a pesquisadora realizou perguntas a fim de que os estudantes exteriorizassem tais conhecimentos prévios com os colegas e confrontassem tais repostas, ficando evidente que os estudantes possuíam certo conhecimento sobre a temática. No entanto, o conhecimento sobre o tema não era aprofundado, visto que uma das afirmações/questionamentos que surgiram dos estudantes foi: *“Eu acho que as plantas se comunicam, mas como ocorre essa comunicação?”*. Como o papel do regente dessa atividade não era o de dar respostas, mas sim de estimular os acadêmicos para que se confrontassem, nesse momento, não foram dadas pela pesquisadora as respostas para tais dúvidas, o que permitiu que alguns estudantes dessem sua opinião, demonstrando então a questão de relacionar a comunicação de plantas com a busca de nutrientes no solo.

Nessa atividade, ao serem confrontados por nós em relação às suas afirmações e entre eles mesmos, acreditamos que os questionamentos estimularam a curiosidade e o interesse para conhecerem mais sobre o assunto. Portanto, tal atividade foi um momento para provocar o conflito cognitivo dos licenciandos. Para Piaget (1987), quando o sujeito se depara com uma situação nova, tentará,

inicialmente, utilizar seus esquemas para dar conta de solucionar a situação. Quando percebe que na nova situação assimilada seus esquemas não são suficientes para solucionar o problema, o sujeito entra em conflito cognitivo. Tal conflito gera um desequilíbrio cognitivo que mobilizará o indivíduo na busca por novas respostas com o propósito de solucionar a questão.

Desse modo, as práticas pedagógicas resultantes de orientação da teoria construtivista são ações intencionais que se preocupam em criar situações que gerem os referidos conflitos cognitivos, considerados elementos perturbadores que mobilizarão o sujeito na busca pela construção do seu conhecimento de maneira ativa e consciente (LOURENÇO; PALMA, 2005).

Em vista disso, as atividades seguintes da sequência didática foram pensadas de modo a auxiliar os estudantes na construção do conhecimento a partir de nossa intervenção a fim de que eles pudessem criar *Zonas de Desenvolvimento Proximal*. De acordo com Vygotsky (1984, p.97), “A Zona de Desenvolvimento Proximal define funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presentemente, em estado embrionário”. Tal amadurecimento ocorre a partir da mediação e intervenção de uma pessoa mais experiente no assunto, em nosso caso, a partir da nossa mediação.

Neste contexto, conforme podemos observar nas análises anteriores, os licenciandos possuíam um conhecimento prévio da comunicação radicular de plantas, porém tal conhecimento na fase inicial da sequência não estava relacionado à capacidade de resistência das plantas em um estresse abiótico, por exemplo: “*Sim, pela raiz por exemplo, na busca de água e nutrientes, de acordo com suas necessidades*” (E4, A1, Q5), “*Sim. Acho que as plantas são capazes de saber quando há falta de nutrientes em uma planta vazia, ou excesso*” (E8, A1, Q5). Portanto, apresentavam noções distantes do conhecimento científico recente.

A partir do contato com os estudantes nas aulas iniciais, percebemos que eles estavam interessados em aprofundar tal conhecimento. Desse modo, a partir da nossa intervenção pedagógica, percebemos durante e ao final da aplicação da sequência didática que houve uma evolução do conhecimento dos acadêmicos em relação aos conhecimentos prévios. Isso porque os mesmos estudantes respondem de forma mais próxima dos conhecimentos científicos recentes, como por exemplo “*Volatilização: liberação de compostos químicos com o*

intuito de influenciar a polinização. Comunicação radicular: comunicação entre as raízes, com o intuito de precaver e alertar plantas vizinhas” (E8, A4, Q4), “A proximidade entre as plantas é um fator essencial para a comunicação vegetal. [...] Quando há alterações, acredita-se que haja uma comunicação entre elas, sendo possível alerta as plantas” (E8, A7).

Assim, a nossa sequência didática possibilitou, ao apresentar noções próximas do que é abordado pelo conhecimento científico recente, momentos para que os futuros professores de Ciências e Biologia tivessem conhecimentos científicos que ainda não estão disseminados no meio acadêmico (aqueles que envolvem a relação do conteúdo de estresse abiótico com a capacidade de sobrevivência dos vegetais por meio da comunicação radicular). Como abordado no Capítulo 1, ter conhecimentos científicos desenvolvidos recentemente e suas perspectivas é importante para poder proporcionar aos alunos, uma visão mais dinâmica, e não fechada, da Ciência (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Diante disso, percebemos após a análise dos dados que ao longo da sequência didática os estudantes mobilizaram diferentes saberes docentes, como seus saberes disciplinares, curriculares, pedagógicos e experienciais para que pudessem adquirir e ampliar as noções científicas apresentadas acerca do estresse abiótico e comunicação radicular.

Os saberes disciplinares foram proporcionados a partir do conteúdo apresentado aos estudantes que puderam mobilizar seus conhecimentos prévios e conhecimentos vindos de outras disciplinas, como por exemplo a genética e ecologia, para relacionar com os conhecimentos novos. Como o conhecimento de comunicação radicular é um tema que ainda não é abordado nas escolas, a sequência também proporcionou a mobilização de saberes curriculares. Podemos observar essa compreensão dos estudantes quando o acadêmico E5 diz que é um “conteúdo diferente que não é ensinado pelo currículo comum do curso” (E5, A8).

A aplicação da sequência didática também pode contribuir para a mobilização dos saberes pedagógicos, pois os licenciandos puderam vivenciar diferentes abordagens pedagógicas a partir de uma aula baseada em uma metodologia de ensino. Como abordado por E8, “A ordem dos eventos contribuíram para uma melhor fixação do conteúdo. De primeira, despertou o nosso interesse sobre o assunto novo. E depois, com o jogo, percebemos o quanto havíamos

aprendido sobre o conteúdo [sic] (E8, A8). Logo, a partir das experiências vividas enquanto estudantes, a aplicação da sequência didática pôde possibilitar construção dos seus saberes experienciais.

Como mencionado no capítulo 1, para Gauthier et al (2013), Tardif (2014) e Pimenta (2000), tais saberes são essenciais para a prática docente, pois é a partir deles que os professores se abastecem para lidar com as exigências apresentadas em sua realidade de ensino. Desse modo, a sequência didática aplicada pode contribuir na formação inicial desses futuros professores de Ciências e Biologia por oportunizar momentos para mobilizar diversos saberes a partir das experiências vividas como estudante durante essa abordagem pedagógica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa foi motivado por nossa preocupação em relação ao Ensino de Botânica, o que culminou no desenvolvimento do seguinte problema de pesquisa: Quais possíveis contribuições a elaboração de uma sequência didática sobre estresse abiótico e comunicação radicular poderia promover no processo de aprendizagem desses conteúdos no âmbito da formação inicial de professores de Ciências/Biologia?.

Em vista disso, o objetivo geral desta pesquisa consistiu em realizar uma transposição didática do conhecimento científico a respeito do estresse abiótico e da comunicação radicular por meio de uma sequência didática para estudantes de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. Em outras palavras, a sequência objetivou promover a atualização de conhecimentos científicos e contribuir para o processo de formação inicial de professores.

Para tanto, fundamentamos nossa proposta a partir do referencial acerca dos saberes docentes e da formação de professores do campo das Ciências, para que a nossa proposta pedagógica levasse em consideração as demandas formativas de futuros professores. Levamos em consideração os cuidados apresentados pela teoria da Transposição Didática de Chevallard (1991) para que o conhecimento científico de comunicação radicular fosse possível ser ensinado e aprendido sem passar por deformações.

Dessa forma, elaboramos uma sequência do conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular fundamentada nos conceitos trazidos por Zabala (1998) e baseada na abordagem metodológica Três Momentos Pedagógicos. A proposta foi aplicada em uma turma do quarto ano de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Os dados foram coletados a partir das atividades realizadas durante a nossa abordagem pedagógica sob as lentes da Análise Textual Discursiva, processo que resultou em três categorias.

Na categoria *Noções relacionadas ao estresse abiótico*, os excerto mostraram que os estudantes eram capazes de identificar que as plantas possuem mecanismos de defesa e exemplificam alguns dos mecanismos de resposta ao estresse de forma parcialmente adequada ou incompleta. Ao longo da sequência, percebemos que houve uma ampliação deste conhecimento, permitindo aos estudantes não só identificar os resultados da influência do estresse abiótico, mas

também identificar os mecanismos de resposta que as plantas mobilizam de forma mais adequada ao conhecimento científico.

Em seguida, na categoria *Noções relacionadas ao conhecimento científico recente de comunicação radicular*, os estudantes não apresentaram conhecimentos distantes do conhecimento científico, pois o conhecimento de comunicação entre plantas foi um conhecimento novo introduzido aos estudantes. Desse modo, ao final da sequência didática houve uma ampliação de conhecimento dos estudantes em relação ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos de estresse abiótico e comunicação radicular.

Na categoria *Contribuições e limitações das atividades da sequência didática*, os excertos dos licenciandos indicaram que a sequência didática apresentou aspectos positivos para o conhecimento do conteúdo de estresse abiótico e comunicação, assim como para a formação inicial desses professores em formação.

De modo geral, consideramos que a sequência didática foi bem aceita por parte dos acadêmicos, visto que o conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular apresentou-se interessante para eles. Assim, ela permitiu que os licenciandos desenvolvessem conhecimentos científicos recentes.

Além disso, consideramos que a sequência didática possibilitou a contribuição para a formação inicial desses futuros professores, pois permitiu a mobilização de diferentes saberes docentes, como seus saberes disciplinares, curriculares, pedagógicos e experienciais para que pudessem adquirir e ampliar as noções científicas apresentadas acerca do estresse abiótico e comunicação radicular.

Os saberes disciplinares foram proporcionados a partir do conteúdo apresentado aos estudantes, que puderem mobilizar seus conhecimentos prévios e conhecimentos vindos de outras disciplinas como, por exemplo, a genética e ecologia, para relacionar com os conhecimentos novos. Como o conhecimento de comunicação radicular é um tema em que ainda não é abordado nas escolas, também proporcionou a mobilização de saberes curriculares. A mobilização dos saberes pedagógicos foi proporcionada a partir da vivência dos estudantes em diferentes abordagens pedagógicas e de uma aula baseada em uma metodologia de ensino. Logo, a partir das experiências vividas como estudante, a aplicação da sequência didática pôde possibilitar a construção de saberes experienciais.

Uma vez que essa mobilização fica evidenciada, temos indícios de que esses professores em formação possivelmente terão pré-requisitos para preparar uma aula nos moldes de nossa sequência didática.

Além disso, no ponto de vista desta pesquisadora que elaborou a sequência didática, para se chegar à estrutura da sequência didática apresentada, o referencial de transposição didática de Chevallard (1991) foi muito importante. Entendemos que este referencial de transposição didática contribuiu para nos deixar vigilantes no sentido de não deformar o conteúdo, tomar cuidado com a linguagem utilizada, situar o assunto dentro da disciplina de Botânica, selecionar os conceitos pertinentes para a formação de professores e fazer as devidas conexões.

Cabe destacar que uma das coisas que consideramos como ponto positivo é que durante o levantamento que realizamos na Revisão Sistemática da Literatura encontramos poucos os trabalhos voltados ao Ensino Superior na área do Ensino de Botânica. Portanto, esse trabalho é mais uma iniciativa nesse sentido.

Além dos pontos positivos apresentados, a sequência didática também apresenta algumas limitações, algumas por nós encontradas, outras elencadas pelos acadêmicos.

Na aula 03, composta por uma discussão, propusemos antes de iniciar a discussão que os estudantes fizessem em duplas a leitura de um texto e que a partir disso coletassem dados. Os referidos dados foram úteis para auxiliá-los na formulação da conclusão acerca da problematização inicial (Aula 02) e para ajuda-los a expô-las para a turma de forma orientada pelo professor. No entanto, como a leitura não foi de forma compartilhada, alguns estudantes leram o texto todo e outros não, fazendo com que nem todos participassem da discussão. Assim, foi preciso direcionar os questionamentos e solicitar que buscassem as informações novamente no texto. Desse modo, sugerimos que a leitura do texto seja compartilhada entre todos e que o professor se atente em relação à participação de todos os estudantes.

Por se tratar a comunicação radical de um tema recente, uma limitação que encontramos foi a dificuldade de encontrar materiais como imagens e vídeos que pudessem nos auxiliar para a compreensão de tal fenômeno de forma mais didática. Como apresentado no capítulo 3, para encontrar a imagem que apresentamos para exemplificar o tema, tivemos que buscar em fontes de língua I inglesa.

Outra limitação elencada por um dos estudantes foi a falta de aula de campo. Tal atividade não foi prevista em nossa sequência didática, pois nos limitamos ao tempo e recursos disponíveis. Contudo, propusemos a participação do pesquisador da tese em que nos baseamos para que compartilhasse sua experiência na pesquisa do assunto. Entretanto, concluímos que pesquisas voltadas ao desenvolvimento de aulas práticas e de campo poderão contribuir para o ensino do assunto.

Destacamos que os resultados apontados foram atingidos mediante a forma como está organizada nossa sequência didática. No entanto, caso o professor deseje adaptá-la e/ou inverter a posição das atividades, seria necessário repensar a abordagem dos três momentos pedagógicos.

Além disso, a sequência didática demonstrou a possibilidade para ser utilizada em outras áreas da Biologia, como a Genética e Evolução. Em nossa abordagem pedagógica era esperado que os estudantes tivessem conhecimentos prévios em relação aos conhecimentos de genética, como plasticidade fenotípica, alteração genotípica, expressão gênica e adaptação. Desse modo, na segunda aula tivemos como intenção sintetizar tais conceitos para eles não se caracterizassem como um impedimento para a aprendizagem do conteúdo de estresse abiótico e comunicação radicular. No entanto, percebemos que alguns estudantes apresentaram alguma dificuldade para compreensão de tais conceitos, os quais nós retomamos durante as atividades seguintes, permitindo uma compreensão maior do acadêmico no sentido de associá-los ao conteúdo proposto.

Desse modo, nossa sequência didática também se apresenta como uma possibilidade para o ensino destes conhecimentos relacionados à genética, podendo o professor adaptá-la conforme achar necessário.

Por fim, a partir da primeira aplicação da sequência didática, vemos como um dos desdobramentos desta pesquisa a possibilidade de que em pesquisas futuras uma nova aplicação seja realizada para alunos da Educação Básica. Ademais, entendemos que uma outra contribuição desse estudo seja motivar pesquisadores da área a voltar as suas pesquisas para a formação de professores, seja inicial ou continuada, no sentido de prepará-los para contextualizar conhecimentos científicos recentes em suas aulas, atendo-se aos cuidados da transposição didática.

REFERÊNCIAS

ABENSUR, Elieder B.; TERÁN, Augusto F. Transposição didática: artigos científicos sobre quelônios amazônicos e seu uso em conteúdos didáticos para o ensino de ciências. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 61-65, 2009. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/324>. Acesso em: 05 nov. 2017.

ALVES FILHO, José de P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-182, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9006>. Acesso em: 10 fev. 2018.

ÁVILA, Marizangela R.; BRACCINI, Alessandro de L.; SCAPIM, Carlos A.; FAGLIARI, Júlio R.; SANTOS, Joselito L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98–106, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n1/14.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. In: **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora, 1994, p. 15-80.

CACHAPUZ, Antonio; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Ana Maria P.; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, Anna M. P.; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez editora, 2011.

CARVALHO, Graça S. A transposição didática e o ensino de Biologia. In: CALDEIRA, Ana Maria A.; ARAUJO, Elaine S. N. N. (Orgs). **Introdução à didática da Biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didática: del saber sábio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1991.

CIVIERO, Paula A. G. **Transposição didática reflexiva: um olhar voltado para a prática pedagógica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CRISP, Peter A.; GANGULY, Diep; EICHTEN, Steven R.; BOREVITZ, Justin O.; POGSON, Barry J. Reconsidering plant memory: Intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. 1-14, 2016.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André P.; PERNAMBUCO, Marta Maria C. A. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

DIMOV, Luiz F.; PECHLIYE, Magda M.; JESUS, Rosangela C. de. Caracterização ontológica do conceito de fotossíntese e obstáculos epistemológicos e ontológicos

relacionados com o ensino deste conceito. **Investiação em Ensino de Ciências**, v.19, n.1, 2014. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/92>. Acesso em: 24 jan. 2018.

FERREIRA, Alfredo G.; AQUILA, Maria E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. Edição especial, p. 175-204, 2000.

FIGUEIREDO, José A. **O ensino de Botânica em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade**: propostas de atividades didáticas para o estudo das flores nos cursos de Ciências Biológicas. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FRANCO, Danilo M. **Comunicação radicular induzida por diferentes tipos de substâncias químicas**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu –SP, 2017.

GAUTHIER, Clermont; MARTINEAU, Stéphane; DESBIENS, Jean-François; MALO, Annie; SIMARD, Denis. **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

GLEASON, Henry A. The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 53, n. 1, p. 7-26, jan. 1926.

GROSS, Michael. Could plants have cognitive abilities? **Current Biology**, v. 26, n. 5, p. 181-184, mar. 2016. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(16\)30126-9](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(16)30126-9). Acesso em: 22 ago. 2017.

GUERRA, Isabel C. **Pesquisa qualitativa e análise de conteúdo**: sentido e formas de uso. Portugal: Principia Editora, 2006.

HADJI, Charles. **A avaliação, regras do jogo**: das intenções aos instrumentos. 4. ed. Portugal: Porto Editora, 1993.

HUANG, Lin; RAATS, Dina; SELA, Hanan; KLYMIUK, Valentina; LIDZBARSKY, Gabriel; FENG, Lihua; KRUGMAN, Tamar; FAHIMA, Tzion. Evolution and Adaptation of Wild Emmer Wheat Populations to Biotic and Abiotic Stresses. **Annual review of Phytopathology**, [S.l.] v. 54, n. 1, p. 279-301, maio. 2016.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Tech. Report TR/SE-0401, Keele University, 2014. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2017.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LOURENÇO, Rosemeire S.; PALMA, Ângela P. T. V. O conflito cognitivo como princípio pedagógico no processo ensino aprendizagem nas aulas de educação física. **Revista de Educação do Cogeime**, v.14. n. 27, dez. 2005. Disponível em: <https://www.redemetodista.edu.br/revistas/revistas-cogeime/index.php/COGEIME/article/view/650>. Acesso em: 10 out. 2018.

MARANDINO, Martha. A pesquisa educacional e a produção de saberes nos museus de ciência. **História, Ciências, Saúde** – Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 12 (suplemento), p. 161-81, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v12s0/08.pdf>. Acesso em: 28 set. 2017.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra E.; FERREIRA, Marcia S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/04.pdf>. Acesso em: 23 maio 2018.

MORAES, Roque. Mergulhos discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. In: GALIAZZI, Maria C.; FREITAS, José V. de. (Orgs.). **Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n1/08.pdf>. Acesso em: 23 maio 2018.

NASER, Victoria; SHANI, Eilon. Auxin response under osmotic stress. **Plant Molecular Biology**, v. 91, n. 6, p. 661–672, abr. 2016.

NASCIMENTO, Beatriz M. DONATO, Ana Maria; SIQUEIRA, Andréa E.; BARROSO, Carolina B.; SOUZA, Antônio Carlos T.; LACERDA, Silvana M.; BORIM, Danielle Cristina D. E. Propostas pedagógicas para o ensino de Botânica nas aulas de ciências: diminuindo entraves. **REEC – Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v.16 n.2, 2017. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_7_ex1120.pdf. Acesso em: 20 jan. 2018.

NATHAN, Jonathan; OSEM, Yagil; SHACHAK, Moshe; MERON, Ehud. Linking functional diversity to resource availability and disturbance: a mechanistic approach for water limited plant communities. **Journal of Ecology**, v. 104, n. 2, p. 419-429, 2016. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2745.12525>. Acesso em: 16 abr. 2017.

NEVES, Késia C. R. **Um Exemplo de Transposição Didática: o caso das Matrizes**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

PIAGET, Jean. **O nascimento da inteligência na criança**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

PIMENTA, Selma G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, Selma G. (Org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

PIRES, Alvaro. De quelques enjeux épistémologiques d'une méthodologie générale pour les sciences sociales. In: DANS POUPART, J., DESLAURIERS, J. P., GROULX, L. H., LAPERRIERE, A., MAYER, R., PIRES, A. **La recherche qualitative, enjeux épistémologiques et méthodologiques**. Canadá: Gaëtan Morin, 1997.

PRATES, Hélio. T.; PAES, José M. V.; PIRES, Nádja D. M.; PEREIRA FILHO, Israel A.; MAGALHÃES, Paulo C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 909-914, maio 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000500007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 30 maio. 2017.

SANT'ANNA, Ilza M. **Por que avaliar? Como avaliar?** : critérios e instrumentos. 17. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

SILVA, Lenir M.; CAVALLET, Valdo J.; ALQUINI, Yedo. Contribuição à reflexão sobre a concepção de Natureza no ensino de Botânica. **Revista brasileira de estudos pedagógicos**, Brasília, v. 88, n. 213/214, p. 110-120, maio/dez. 2005. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/839/814>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SILVA, Patrícia G. P. da. **O ensino da Botânica no nível fundamental**: um enfoque nos procedimentos metodológicos. 2008. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

SILVESTRE, Walter V. D.; SILVA, Priscilla A.; PALHETA, Lenilson F.; OLIVEIRA NETO, Cândido F. de; MELO SOUZA, Rodrigo O. R. de; FESTUCCI-BUSELLI, Reginaldo A.; PINHEIRO, Hugo A. Differential tolerance to water deficit in two açai (*Euterpe oleracea* Mart.) plant materials. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n.4, p. 1-10, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11738-016-2301-9>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SOMAVILLA, Adriana S.; ZARA, Reginaldo A. Ciências e o ensino de Ciências no Brasil. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.11, n.3, 2016. Disponível em: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID326/v11_n3_a2016.pdf. Acesso em: 14 jan. 2018.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

TOWATA, Naomi; URSI, Suzana; SANTOS, Deila M. dos. Análise da percepção de licenciandos sobre o "ensino de botânica na educação básica". **Revista da SBEnBIO**, [S.l:s.n.], 2010. Disponível em: . Disponível em: <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/Towataetal2010->

%20Bot%C3%A2nica.pdf. Acesso em: 10 abr 2017.

VAN LOON, Leebdert. C. The intelligent behavior of plants. **Trends in plant science**, v. 21, n. 4, p. 286–294, abr. 2016.

VENTURI, Vittorio; KEEL, Christoph. Signaling in the Rhizosphere. **Trends in plant science**, v. 21, n. 3, p. 187–198, mar. 2016.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de consentimento dos estudantes

IDENTIFICAÇÃO E TERMO DE CONSENTIMENTO

1 - Dados pessoais do participante		
(Não serão divulgados. Servirão apenas para o esclarecimento de eventuais dúvidas por parte do pesquisador).		
Nome:		
Endereço:		
Cidade:		
Telefone:	E-mail:	
2 - Formação acadêmica		
2.1 Graduação		
(<input type="checkbox"/>) Licenciatura em _____	(<input type="checkbox"/>) Bacharelado em - _____	
(<input type="checkbox"/>) Outro curso de graduação: _____		
Ano de conclusão: _____	(<input type="checkbox"/>) Instituição Pública	(<input type="checkbox"/>) Instituição Privada
3- Consentimento		
<p>Ao participar da sequência didática contendo conteúdos e atividades sobre estresse abiótico e a comunicação radicular em plantas, você contribuirá com os estudos do Mestrado Profissional em Ensino (PPGEN) da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Essa pesquisa tem por objetivo propor uma transposição didática do conhecimento científico a respeito do estresse abiótico e a comunicação radicular em plantas, por meio de uma sequência didática a ser aplicada no curso de Ciências Biológicas, na disciplina de Fisiologia Vegetal, a fim de promover a atualização destes conhecimentos científicos e contribuir para o processo de formação inicial de professores. Sua prática será voluntária e se dará por meio de atividades no decorrer da sequência didática, tais como questionários, textos entre outros, as quais não implicarão em riscos de qualquer natureza. Caso aceite participar, estará contribuindo para o desenvolvimento desta pesquisa, concordando com a utilização dos dados em futuras publicações. Ressaltamos que sua identificação será mantida em sigilo e não lhes serão acarretados prejuízos morais ou financeiros. As respostas serão analisadas sem a identificação dos respondentes, e os resultados obtidos por meio de futuras análises serão disponibilizados a todos os respondentes, bem como à comunidade científica em geral a partir de publicações em eventos e periódicos científicos. Evidenciamos, ainda, que seu consentimento poderá ser rescindido a qualquer momento já que sua participação na pesquisa é voluntária. Assim, diante do compromisso ético de mantermos preservada sua identidade, você concorda em participar das atividades, para o desenvolvimento da pesquisa do Mestrado Profissional em Ensino?</p>		
(<input type="checkbox"/>) Sim (<input type="checkbox"/>) Não Assinatura: _____		
RG ou CPF: _____ Data: ____ / ____ / ____		
5- Para uso do pesquisador		
Local e data: _____	Código do respondente: _____	

APÊNDICE C

ENSINO DE BOTÂNICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E DA COMUNICAÇÃO RADICULAR NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Cornélio Procopio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º ano

Estudante: _____

Data: ____/____/____

SITUAÇÃO PROBLEMA

Os animais e nós seres humanos possuímos o hábito de nos locomover. Desse modo, diante de situações conflitantes ou situações de perigo à sobrevivência, o mecanismo de locomoção nos permite “fugir” destas situações. No entanto, os vegetais são organismos que apresentam hábito de vida sésil, logo, estão sujeitos a diversas alterações e situações que ocorram no espaço que ocupam.

Por exemplo, no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), em situações de déficit hídrico moderado, pode ocorrer a abscisão foliar, reduzindo relativamente à área foliar de perda de água.

Qual a vantagem do algodoeiro perder suas folhas em situações de déficit hídrico? Qual mecanismo dos vegetais permite a ocorrência desse fenômeno? Em situações estressantes, como a citada acima, poderiam as plantas comunicar às suas vizinhas a respeito dessas situações? Explique.

APÊNDICE E

ENSINO DE BOTÂNICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E DA COMUNICAÇÃO RADICULAR NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Cornélio Procopio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º ano

Estudante: _____

Data: ___/___/___

SITUAÇÃO PROBLEMA

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura utilizada como base alimentar em muitas partes do mundo. Na América do Sul, nos Estados Unidos e na Austrália, esse cereal é utilizado basicamente na alimentação animal. Além disso, tem ocupado extensas áreas nos últimos tempos, devido, principalmente, às suas características de tolerância ao déficit hídrico e capacidade de rebrota, em relação ao milho, o que permite maiores produções por área.

No entanto, as plantas daninhas apresentam alto grau de interferência imposto à cultura. Assim, em culturas médias e grandes, é feito o uso de herbicidas para o controle.

Buscando identificar quais os efeitos que alguns herbicidas poderiam ocasionar no desenvolvimento das plantas de sorgo, pesquisadores resolveram aplicar o herbicida glifosato em uma parte de área em que espécies de sorgo estavam em desenvolvimento para comparar as plantas com e sem a aplicação do herbicida.

No decorrer do teste, observaram que as plantas de sorgo que foram tratadas com o herbicida e as plantas vizinhas que não receberam o tratamento estavam se desenvolvendo em menor tamanho comparativamente às plantas que estavam mais distantes destas. Ao analisarem outros parâmetros, como a condutância estomática e a expressão gênica, viram que esses fatores também foram alterados nas plantas tratadas e nas suas vizinhas em relação àquelas que estavam mais distantes.

Supondo que você faça parte da equipe destes pesquisadores, quais hipóteses você elencaria para justificar a ocorrência deste fenômeno? Qual motivo para que as plantas vizinhas que não receberam tratamento com herbicida tivessem

alterações em seu desenvolvimento parecidas com as das plantas que foram tratadas?

APÊNDICE F

ENSINO DE BOTÂNICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ATUALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS ACERCA DO ESTRESSE ABIÓTICO E DA COMUNICAÇÃO RADICULAR NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Cornélio Procópio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º ano

Estudante: _____

Data: ___/___/___

AVALIAÇÃO SOMATIVA

Responda:

1. A Fisiologia Vegetal conta com recursos da biologia molecular para compreender diversos fatores. Relacionada ao estresse abiótico e a comunicação radicular, como a biologia molecular pode auxiliar? Explique.

2. Diferentes fatores abióticos influenciam no metabolismo dos vegetais. Quais são eles e de que forma o distúrbio desses fatores podem influenciar?

3. De que forma os vegetais defendem-se de eventos estressantes e prejudiciais à sua sobrevivência?

4. Você, enquanto futuro professor acrescentaria ou retiraria alguma atividade para a sequência didática desenvolvida?

5. Faça um breve relato pessoal da sua participação na aplicação da sequência didática.